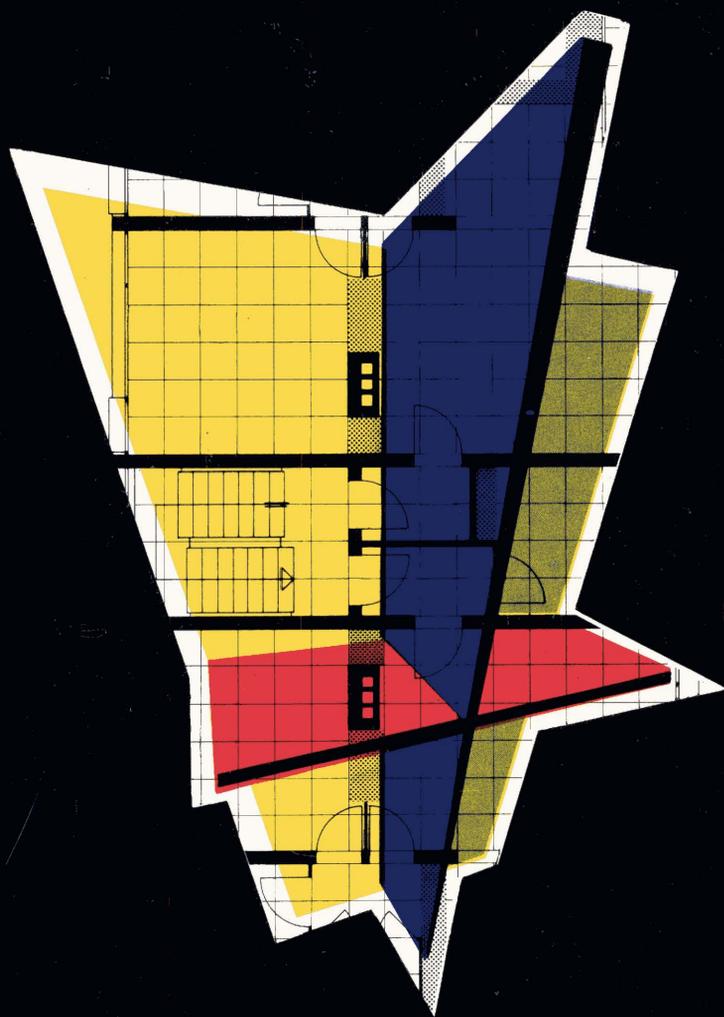
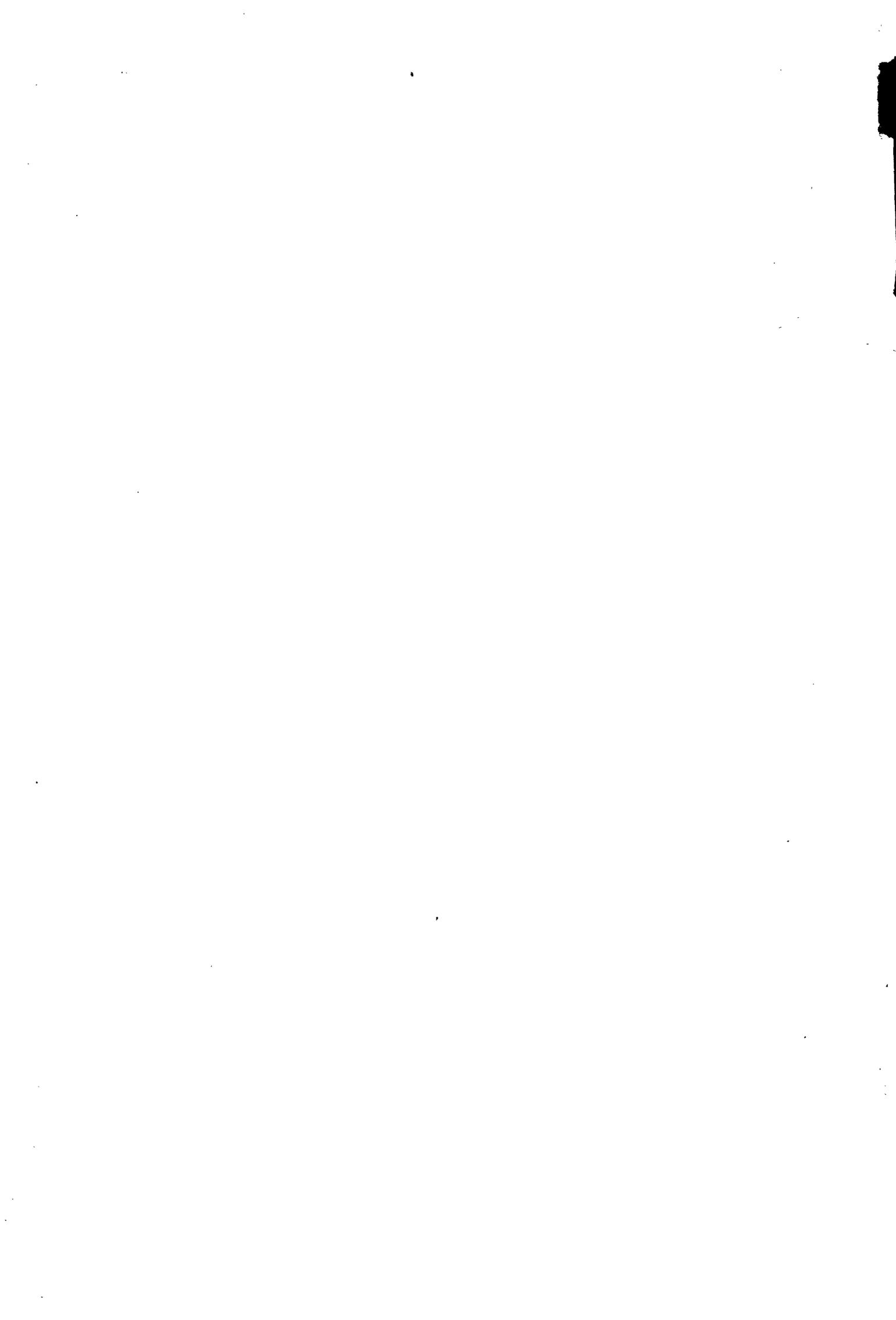


**deuxième programme
de constructions expérimentales**



communauté européenne du charbon et de l'acier

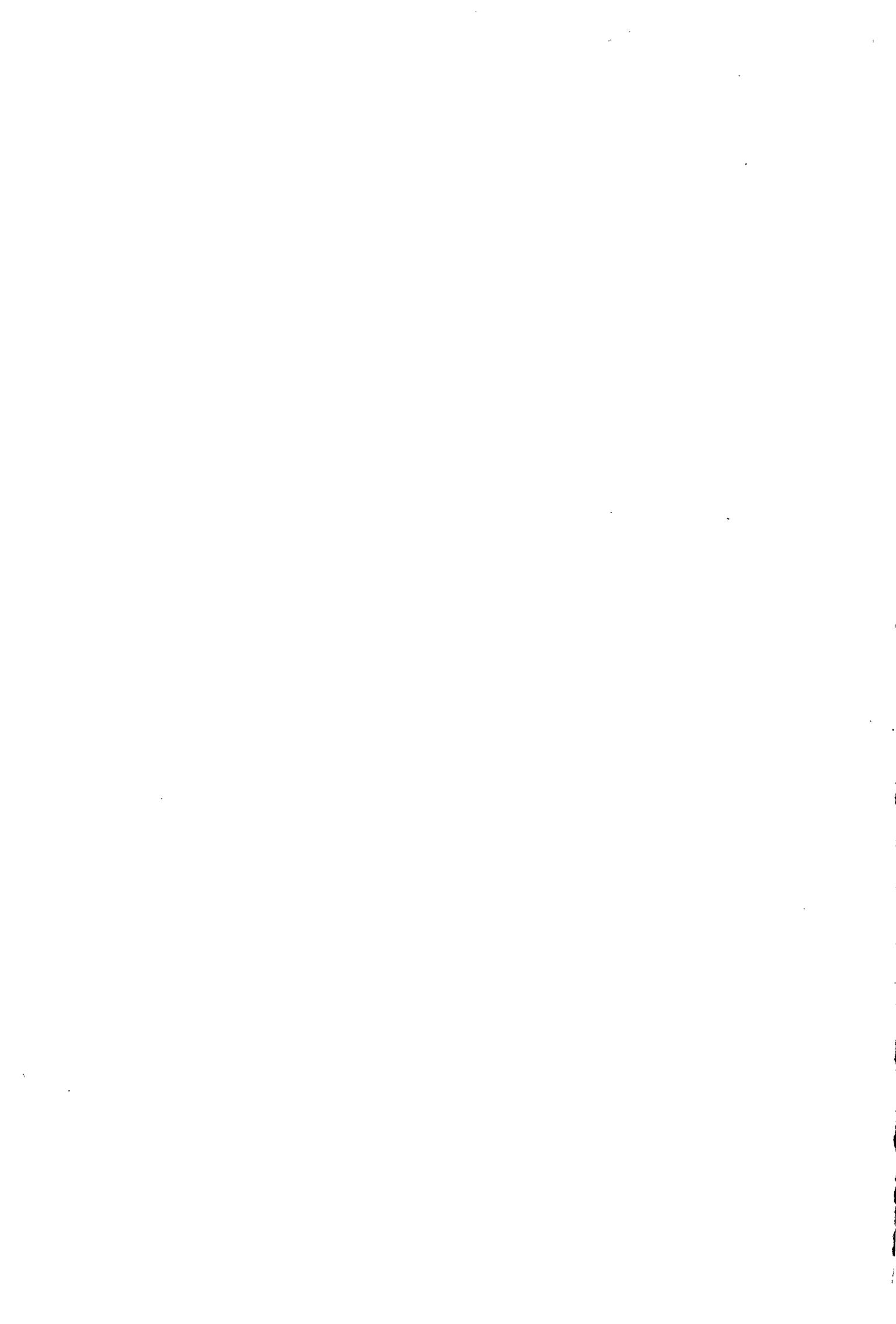




deuxième programme de constructions expérimentales



**communauté européenne
du charbon et de l'acier**



Paris, le 9 avril 1962

LE PRESIDENT DU COMITE DES EXPERTS

à

Monsieur le PRESIDENT DE LA HAUTE AUTORITE
DE LA COMMUNAUTE EUROPEENNE DU CHARBON ET DE L'ACIER

L U X E M B O U R G

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous présenter le rapport élaboré par le comité d'experts que la Haute Autorité a chargé de suivre le deuxième programme de chantiers expérimentaux.

C'est pour moi un agréable devoir que de remercier tous mes collègues qui ont mis à la disposition du comité leur expérience personnelle et aussi la compétence de leurs instituts. Je suis particulièrement reconnaissant à nos rapporteurs qui ont accompli un travail important et utile, et à notre secrétaire technique, qui a su coordonner leurs efforts et nous assister efficacement.

Le premier programme expérimental dont les résultats furent exprimés dans un rapport publié en 1958, eut surtout un but économique. La comparaison internationale des prix de revient et des productivités en était le thème, et ce fut l'occasion - on s'en souvient - de redresser certaines erreurs de jugement, trop fréquemment commises, et de proposer quelques conclusions simples sur le rendement des crédits d'investissements immobiliers dans les pays d'Europe.

On constatera que le deuxième programme a été davantage consacré à des problèmes technologiques ou industriels.

Les instituts de recherche sur le bâtiment, qui y ont activement participé, ont trouvé dans ce programme l'occasion d'une coopération technique intéressante, due à l'initiative généreuse de la Haute Autorité. Il est certain que les industries européennes du logement bénéficieront de cette nouvelle ten-

tative, qui aidera, modestement peut-être mais efficacement, la rationalisation du bâtiment.

Je pense que les développements ultérieurs des chantiers expérimentaux de la C.E.C.A. pourront offrir des champs plus vastes d'activité commune aux experts européens, qui ont amélioré, grâce à ce deuxième programme, leurs méthodes et leurs moyens de coopération.

C'est dans le domaine des études économiques et sociales que de grandes expériences, de caractère international, apparaîtront demain utiles au progrès des logements ouvriers. Je souhaite qu'elles puissent être organisées dans le cadre de cette politique de constructions sociales, qu'a si largement et si heureusement entreprise la Communauté européenne du charbon et de l'acier.

Veillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de notre haute considération.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'A' followed by several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

André Marini

Sommaire

	Page
Avant-propos de la Haute Autorité	9
Chapitre I – Présentation	11
Buts et moyens du programme	15
Réalisation du programme	18
Chapitre II – Chantiers du programme	25
Plans, élévations et devis descriptifs sommaires	29
Description sommaire des procédés de chauffage employés sur les divers chantiers	74
Chapitre III – Examen des offres des entrepreneurs	79
Étude élaborée par l'Institut national du logement, Bruxelles	
Chapitre IV – Étude sur le report des dimensions sur chantier	117
Étude élaborée par, le Centro per la Ricerca Applicata sui Problemi della Edilizia Residenziale, Milan	
Chapitre V – Examen de la qualité des ajustements	165
Étude élaborée par le Bouwcentrum, Rotterdam	
Chapitre VI – Étude sur les applications nouvelles de l'acier	223
Étude élaborée par le Centre scientifique et technique du bâtiment, Paris	
Chapitre VII – Recherche et comparaison des prix de revient de certains éléments de construction	285
Étude élaborée par l'Institut für Bauforschung, Hanovre	

	Page
Chapitre VIII – Application de la coordination modulaire sur les chantiers expérimentaux .	345
Introduction	349
Application de la coordination modulaire sur les chantiers	350
 Annexes	 363
1. Directives techniques applicables au deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A.	 363
2. La stabilité des logements types (étude élaborée par l'Institut national du logement)	379

Avant-propos

Pour faciliter la construction de maisons ouvrières, la Haute Autorité ne se limite pas à l'octroi de prêts à des conditions favorables. Elle estime qu'elle doit ajouter ses efforts à ceux de tous les organismes préoccupés d'améliorer les conditions économiques et techniques de la construction.

Après avoir, dans un premier programme expérimental, fait étudier les coûts respectifs de la construction dans les six pays de la Communauté et les conditions d'utilisation de l'acier, elle a poursuivi son effort en s'appuyant sur les conclusions d'une étude théorique de l'Agence européenne de productivité.

Les travaux de cet organisme recommandaient entre autres l'adoption de «modules» tendant à faciliter l'industrialisation du bâtiment et l'application d'une coordination modulaire dans les pays.

Ces recommandations ont paru d'autant plus importantes à la Haute Autorité que l'utilisation d'éléments en acier pour la construction doit s'adapter aux progrès de la mécanisation sur les chantiers et des procédés de montage ainsi qu'aux progrès de la préfabrication qui impliquent une normalisation des éléments utilisés pour la construction, l'équipement et l'installation des logements.

Au cours des années 1958 à 1961, la Haute Autorité a aidé la réalisation d'un deuxième programme de constructions expérimentales dont les résultats sont rassemblés dans le présent rapport.

Un comité d'experts institué sous l'égide du Conseil International du Bâtiment (C.I.B.) a élaboré les objectifs techniques de l'étude et fixé les directives pour l'exécution pratique d'un deuxième programme; il a approfondi, sur quelques points précis, les enseignements à tirer de cette expérience.

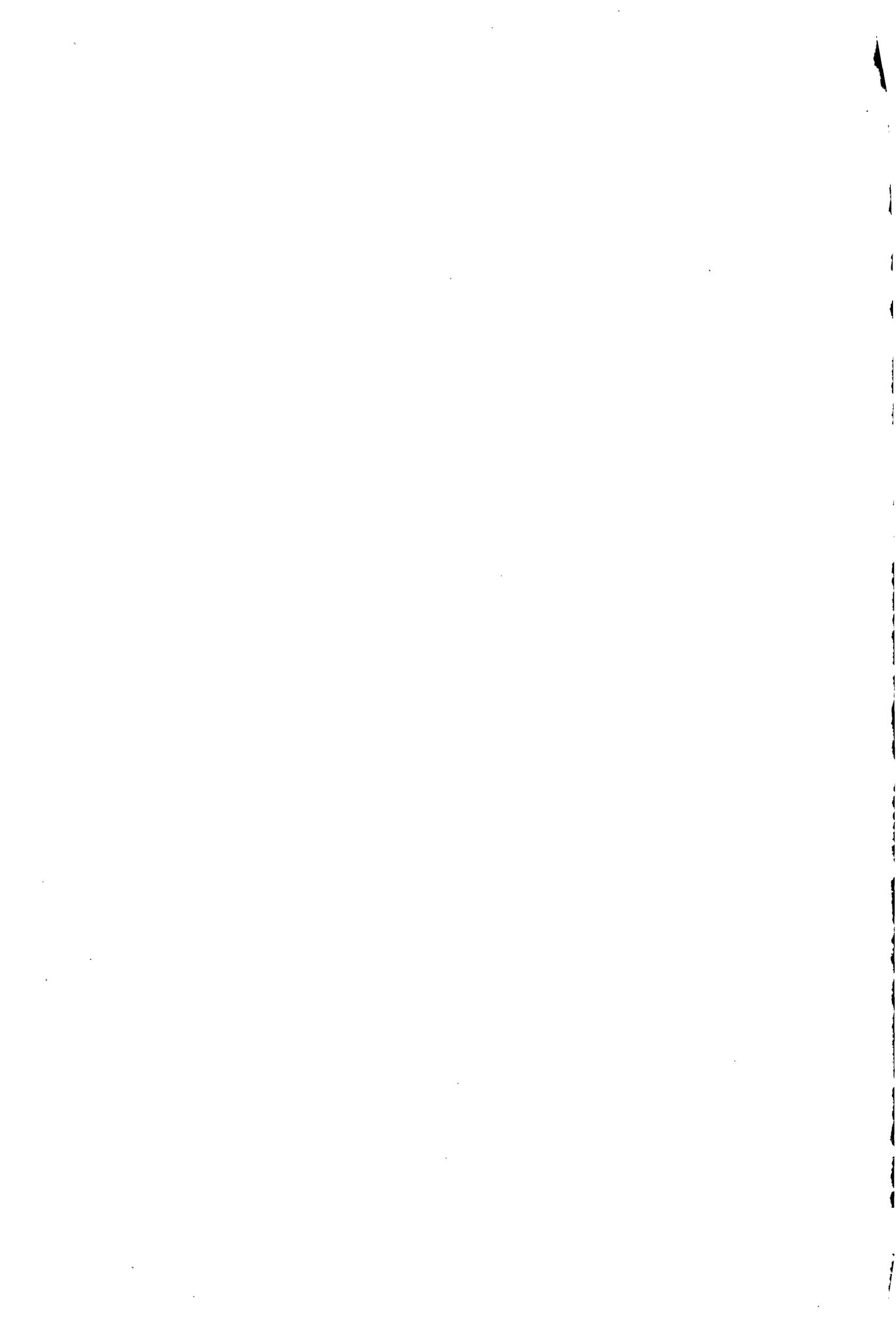
Que les instituts nationaux de recherches qui ont engagé leurs experts dans de tels travaux veuillent bien trouver ici l'expression de la reconnaissance de la Haute Autorité.

Puissent les représentants des pouvoirs publics spécialisés dans les problèmes d'habitat ou de construction, les architectes, les entrepreneurs, les entreprises de la Communauté, les organisations professionnelles de travailleurs et d'employeurs, trouver dans ces travaux des moyens propres à faire progresser le bien-être des travailleurs de la Communauté et de leurs familles.



Paul Finet

Membre de la Haute Autorité



Chapitre I **Présentation**

C.D.U. 69.001.5 : 721.011 (100)

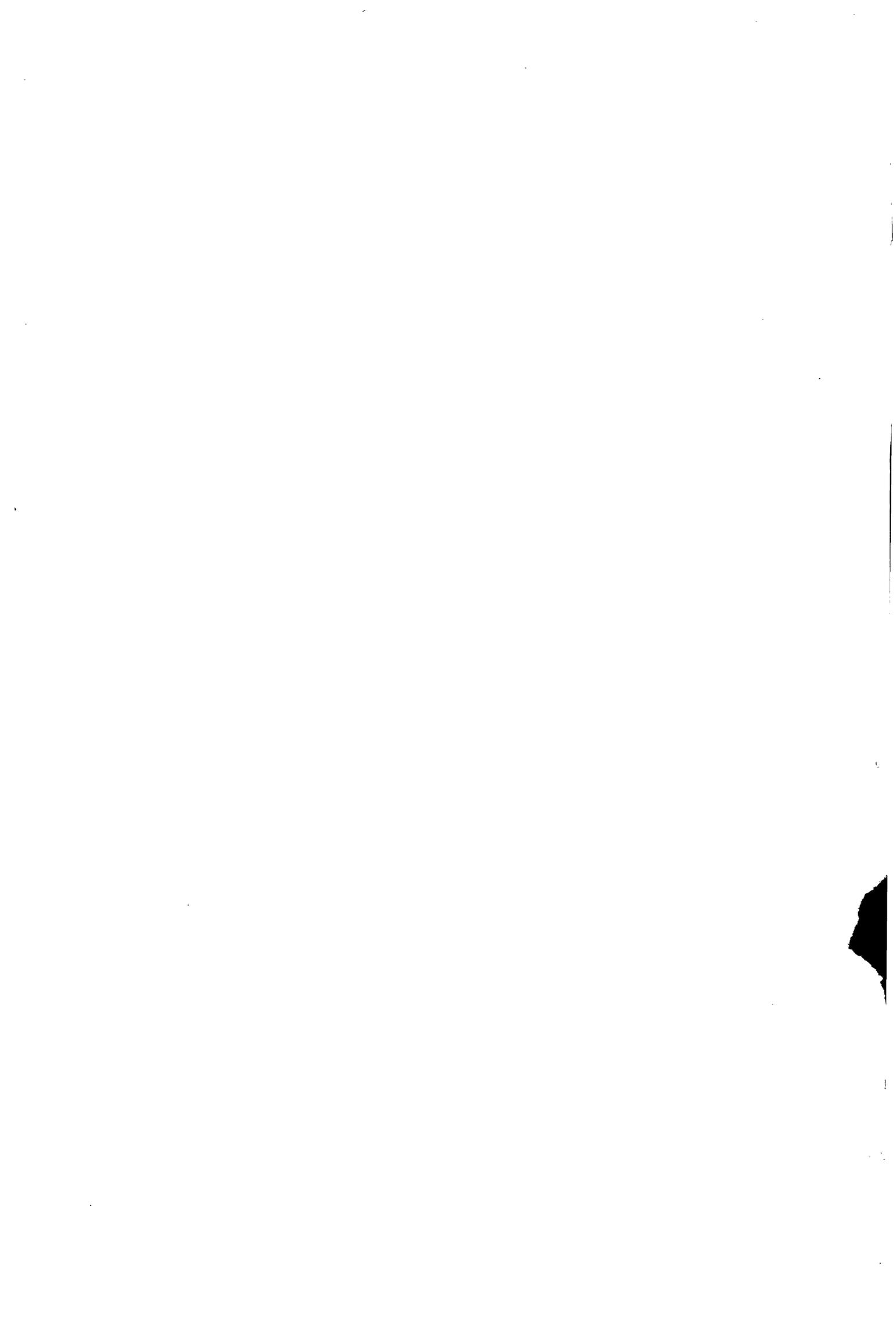
(texte original: français)

par G. Hierholtz
secrétaire technique du comité des experts



Sommaire

	Page
1. Buts et moyens du programme	15
1.1 Buts du programme	15
1.2 Comité d'experts	15
1.3 Réunions du comité d'experts et documents de travail	16
1.4 Directives administratives et techniques	16
1.5 Application des directives	17
1.6 Chantiers du programme	17
2. Réalisation du programme – Projets et travaux	18
2.1 Respect des directives	18
2.2 Etudes	19
3. Annexes	23



1. Buts et moyens du programme

1.1 Buts du programme

Le second programme de constructions expérimentales lancé par la Haute Autorité de la C.E.C.A. avait, comme objectif principal, de permettre la recherche des moyens susceptibles de permettre d'accroître les possibilités d'industrialisation de la construction de bâtiments d'habitation à étages multiples, dans le but d'abaisser leur prix de revient, les efforts étant particulièrement axés sur l'emploi plus développé d'éléments en acier dans ces bâtiments.

A cet effet, l'exécution de ce programme devait offrir à des chercheurs spécialisés dans ce domaine de l'industrialisation de la construction, un champ d'essais et de mesures dans les divers pays de la Communauté.

L'un des essais envisagés devait en particulier porter sur l'application des principes de normalisation et de coordination modulaire à la fabrication et au montage d'éléments de construction.

1.2 Comité d'experts

Pour mettre au point le programme de constructions envisagées et pour exécuter les études et essais susceptibles de répondre au but fixé, la Haute Autorité a, comme pour le premier programme, demandé au Conseil international du bâtiment pour la recherche, l'étude et la documentation (C.I.B.) de former un comité d'experts. Celui-ci a été composé comme suit:

MM. A. Marini		Président ⁽¹⁾ , Paris (France)
W. Triebel	}	Institut für Bauforschung (IfB), Hanovre (Allemagne fédérale)
G. Achterberg		
C. Crappe	}	Institut national du logement (I.N.L.), Bruxelles (Belgique)
M. Lebegge		
F. Tack		Société nationale du logement (S.N.L.), Bruxelles (Belgique)
G. Blachère	}	Centre scientifique et technique du bâtiment (C.S.T.B.), Paris (France)
G. Démarre		
G. Ciribini	}	Centro per la Ricerca Applicata sui Problemi dell'Edilizia Residenziale (C.R.A.P.E.R.), Milan (Italie)
Melle G. Guarnerio		
MM. P. Maggi		
J. van Ettinger	}	Bouwcentrum Rotterdam (Pays-Bas)
H. Th. van Schaik		
G. Hierholtz		secrétaire technique Paris (France).

⁽¹⁾ M. A. Marini, président fondateur du C.I.B. à Paris occupe maintenant le poste de directeur du Centre technique de l'équipement sanitaire et social au ministère de la santé publique et de la population.

Ont également participé au début des travaux du comité d'experts, à titre d'observateurs, M. Skarum, représentant de l'Agence européenne de productivité et M. Bruce Martin, secrétaire technique du Projet A.E.P. – 174 (Coordination modulaire).

1.3 Réunions du comité d'experts et documents de travail

Le comité d'experts s'est réuni aussi souvent que nécessaire (environ quatre fois par an), presque toujours au siège de la Haute Autorité à Luxembourg.

En 1960 un voyage a été organisé par la Haute Autorité, auquel ont participé tous les membres du comité d'experts, pour permettre à ceux-ci de visiter les principaux chantiers et de se rendre compte de ce que l'on avait fait dans les différents pays.

Par ailleurs, les divers documents de travail produits par les rapporteurs ont été diffusés, au fur et à mesure de leur parution, parmi les membres du comité d'experts, soit directement, soit par l'intermédiaire du secrétariat technique qui en opérait la synthèse.

De même ont été diffusés régulièrement des états d'avancement des travaux et des études, états établis par le secrétariat technique d'après les renseignements fournis par les instituts nationaux.

Enfin, le présent rapport a été mis au point au cours de réunions spéciales, le secrétaire technique étant chargé d'en harmoniser les diverses parties et de les adapter plus étroitement aux directives initiales, en proposant aux rapporteurs les modifications souhaitables et les transferts éventuels de certains éléments du rapport particulier d'un institut national à celui d'un autre.

1.4 Directives administratives et techniques

Le comité d'experts a tout d'abord élaboré des «directives administratives et techniques» destinées à définir le programme, ses buts et ses moyens.

Les *directives administratives* définissaient les modalités des rapports entre le comité d'experts et les architectes, ainsi que les règles spéciales devant régir les appels d'offres et les marchés du programme.

Afin de rendre le plus possible les immeubles comparables entre eux, tout en leur assurant un bon niveau de confort, les *directives techniques* (voir annexe 1) précisaient des règles communes concernant l'utilisation de l'espace (forme, nombre de niveaux, locaux communs, composition et importance des logements et de l'équipement, isolation thermique, isolation acoustique).

Elles donnaient ensuite les caractéristiques techniques à respecter par les éléments de la construction, pour certains desquels était exigé, ou simplement recommandé, l'emploi d'acier ou de fonte.

Enfin, elles précisaient les caractéristiques dimensionnelles imposées pour les bâtiments et pour certains éléments de construction, en suivant autant que possible les principes et définitions proposés pour la deuxième phase du projet A.E.P. – 174 «Coordination modulaire dans le bâtiment».

Les dimensions en question portaient sur les hauteurs d'étage, les escaliers, les planchers, les fenêtres, portes, les appareils sanitaires.

1.5 Application des directives

Le comité d'experts a ultérieurement mis au point le détail de l'organisation des travaux et du déroulement des recherches prévues.

Depuis le début de la préparation du deuxième programme, plusieurs réunions internationales sur la coordination modulaire avaient mis en évidence le fait que la théorie dans ce domaine n'était pas encore bien établie et qu'elle ne pouvait par suite être réellement appliquée en pratique. Il en résultait qu'il aurait été prématuré de vouloir, comme on l'avait initialement envisagé, mettre l'accent principal de ce programme sur l'application dans les bâtiments des principes de la coordination modulaire.

Les caractéristiques dimensionnelles prévues par les directives générales ont cependant été maintenues et précisées.

Par contre, il serait maintenant possible d'aller plus loin en ce sens; on pourra se référer à ce sujet au chapitre VIII concernant les applications sur divers chantiers du programme.

L'essentiel des efforts a donc été orienté vers les études confiées aux différents rapporteurs, membres du comité des experts.

Les études prévues étaient les suivantes:

– *Examen des offres des entrepreneurs*
Étude confiée à l'I.N.L.

– *Étude sur le report des dimensions sur chantier*
Étude confiée au C.R.A.P.E.R.

Cette étude devait être précédée d'une recherche sur les méthodes actuellement utilisées dans les pays de la C.E.C.A.

– *Examen de la qualité des ajustements et des tolérances de fabrication, de pose et de mesure.*
Étude confiée au Bouwcentrum.

Cette étude devait être précédée d'une recherche sur les méthodes actuellement existantes en ce domaine dans les pays de la C.E.C.A. et d'une étude méthodologique sur le contrôle des dimensions et la qualité des ajustements.

– *Étude sur les applications nouvelles de l'acier*
Étude confiée au C.S.T.B.

– *Recherche et comparaison des prix de revient de certains éléments de construction*
Étude confiée à l'I.f.B.

Enfin, un comité restreint (composé de MM. Triebel, Ciribini et Tack, assistés du secrétaire technique) était chargé de l'examen préalable des devis descriptifs, des avant-projets et des projets d'exécution, pour contrôler leur conformité aux directives et proposer éventuellement au comité plénier les dérogations de détail qui lui paraîtraient justifiées.

1.6 Chantiers du programme

Il avait été décidé de choisir des chantiers de logements collectifs d'environ 100 logements (50 pour le Luxembourg) – répartis sur 3 ou 4 étages – pour que les études portent sur des volumes suffisants.

Les chantiers suivants ont finalement été retenus:

Pays	Numéro du chantier	Lieu de construction	Nombre de logements
Allemagne (R.F.)	1	Dortmund-Scharnhorst	54
	2	Gelsenkirchen-Buer	96
	3	Gladbeck-Brauck	100
	4	Gelsenkirchen	100
	5	Höngen	126
	6	Moers	96
	7	Essen-Frintrop	96
	8	Welper-Ruhr	100
	9	Salzgitter-Lebenstedt	104
Belgique	10	Cuesmes	119
	11	Marcinelle	119
France	12	Beyne-Heusay	119
	13	Florange	112
France	14	Saint-Avoid – Emile Huchet	102
	15	Saint-Avoid – La Carrière	98
	16	Carmaux	80
	17	Longwy	96
	18	Marspich-Nilvange lieu-dit «Konacker»	100
Italie	19	Milan-Forlanini	100
	20	Gênes-Prà	100
Luxembourg	21	Esch-sur-Alzette	54
Pays-Bas	22	Heemskerk	152
			<u>2 223</u>

2. Réalisation du programme — Projets et travaux

2.1 Respect des directives

2.11 Application pratique des règles de la coordination modulaire

La partie des directives fixant, après accord international, des dimensions préférentielles à base modulaire pour certains éléments de la construction a été généralement suivie, à part quelques dérogations isolées dues à des circonstances locales particulières (par exemple: difficulté de trouver à un prix non excessif des appareils sanitaires d'une des dimensions prescrites).

2.12 Emploi de l'acier

L'un des buts du programme était la généralisation de l'emploi d'acier (ou de fonte) dans la construction. Exception faite de quelques cas où le comité des experts avait accordé les dérogations nécessaires, compte-tenu d'impossibilités matérielles (prix de certains éléments en acier beaucoup plus élevés que ceux des mêmes éléments en matériaux traditionnels; difficulté de se

procurer certains de ces éléments en temps utile; règlements locaux interdisant, dans certains cas, l'emploi de l'acier, etc. . .) les applications d'acier ou de fonte demandées expressément par les directives ont été réalisées:

- Planchers avec solives utilisant l'acier en totalité ou en partie;
- Toitures inclinées avec fermes en acier;
- Escaliers à ossature métallique;
- Fenêtres en acier;
- Huisseries en tôle pliée;
- Canalisations métalliques;
- Éviers et bacs à douche ou baignoires en fonte ou acier.

De même, les applications simplement recommandées ou suggérées ont été réalisées sur différents chantiers, par exemple:

- Éléments de couverture en acier;
- Meubles de cuisine avec éléments en acier;
- Parois extérieures en acier.

En outre, diverses applications de l'acier, tout à fait originales et non prévues par les directives, ont été réalisées sur divers chantiers:

- Blocs canalisations et blocs fenêtres spéciaux, en Italie;
- Meubles de cuisine combinés, en Belgique.

2.13 Autres spécifications

Certaines dérogations aux autres spécifications des directives avaient dû être accordées (par exemple: sur trois chantiers, le chauffage central n'a pas été réalisé par suite de l'existence d'habitudes locales qui s'y opposaient) mais elles l'ont été en nombre fort limité, si bien qu'elles n'ont constitué que des exceptions.

2.14 Avancement des chantiers

Par suite de circonstances diverses, dont certaines absolument imprévisibles (glissements de terrains, pénurie de main-d'œuvre, etc.), certains chantiers se sont trouvés très en retard sur le programme; quelques uns n'étaient du reste pas totalement terminés lors de la rédaction du présent rapport. Cependant la plupart des bâtiments étudiés ont été construits dans les conditions prévues.

2.2 Etudes

2.21 Examen des offres des entrepreneurs

Pour essayer de déceler l'influence économique pouvant résulter de l'utilisation de techniques nouvelles et pour tenter de situer les chantiers expérimentaux dans le contexte général de la construction actuelle, l'Institut national du logement à Bruxelles a procédé à l'étude des offres faites par les entreprises.

Cette étude comprenait essentiellement trois phases:

- 1° Vérification par l'Institut national du logement du fait que les appels d'offres étaient bien effectués suivant un cadre uniforme établi par lui, en vue de permettre un regroupement fonctionnel des prix selon un «découpage» unique pour tous les chantiers;
- 2° Relevé par l'Institut, des offres de prix des entreprises adjudicataires et réalisation des regroupements de prix prévus;
- 3° Comparaison par l'Institut des divers chiffres ainsi obtenus.

L'I.N.L. s'est occupé lui-même des appels d'offres des chantiers belges et, pour les autres pays, il a effectué progressivement les contrôles et relevés nécessaires.

On a pu constater qu'il était effectivement possible, mais souvent difficile par suite d'habitudes locales divergentes, de répartir les prix suivant la grille imposée et d'en déduire le prix des éléments fonctionnels suivant un découpage unique pour tous les chantiers, d'où la possibilité de comparaisons entre chantiers.

On ne peut cependant pas considérer un nombre aussi réduit de chantiers comme spécialement représentatif de l'état actuel de la construction dans les divers pays, et cela d'autant moins qu'il s'agissait de constructions expérimentales où, en particulier, était imposé l'emploi de solutions, de dimensions et de matériaux qui n'étaient pas forcément les plus économiques dans les conditions propres à chaque chantier: c'est ainsi que l'emploi non courant de l'acier dans les constructions se trouvait à priori mal placé dans la comparaison.

Les grandes variations constatées sur certains points incitent à rechercher les causes de ces différences. Elles amènent à penser que l'emploi, dans un pays donné, de certaines techniques intéressantes du point de vue économique, se trouve mal connu dans d'autres pays, faute d'information suffisante. Par ailleurs, une comparaison plus poussée de la qualité des constructions serait nécessaire pour que les comparaisons économiques soient plus significatives.

2.22 Etude sur le report des dimensions sur chantier

L'exécution rationnelle des constructions exige que les dimensions de leurs diverses parties soient reportées sur le chantier avec une précision suffisante, sans que cela entraîne l'emploi de méthodes aléatoires ou trop compliquées.

Cette nécessité est rendue encore plus actuelle par l'utilisation de procédés de construction de plus en plus industrialisés.

A cet effet, une méthode pratique et précise de report a été étudiée par le Centro per la Ricerca applicata sui Problemi dell'Edilizia Residenziale et un essai d'application a été prévu sur quelques chantiers spécialement choisis (un ou deux par pays).

A cette occasion ont été cherchées les adaptations et modifications que pouvaient nécessiter, soit les dispositions particulières des chantiers, soit certaines contingences locales.

Ces études ont mis en évidence la possibilité, pour la méthode ainsi perfectionnée, de s'appliquer sur des chantiers différents, sans que soient remis en question ses principes de base, à savoir: reports à partir d'éléments de repérage peu nombreux et rigoureusement liés entre eux, en évitant les cumulations d'erreurs qu'entraînent les reports successifs en chaîne.

Un appareillage simple a été imaginé et réalisé et son emploi s'est avéré facile, même pour des non-spécialistes et des résultats précis peuvent être obtenus rapidement.

Si les procédés de reports en plan ainsi que les reports planimétriques d'étage en étage sont bien au point, il y a par contre encore des perfectionnements à trouver pour le report des cotes verticales.

2.23 Examen de la qualité des ajustements

Parmi les procédés visant à l'industrialisation du bâtiment, l'un de ceux paraissant les plus intéressants serait celui consistant à fabriquer les éléments de construction avec une précision telle que leur assemblage sur le chantier puisse se faire sans travail de refaçonnage.

Un tel genre d'assemblage entraînerait évidemment une réduction du nombre d'heures de main-d'œuvre par logement et, par suite, un accroissement de la productivité du chantier. D'autre part, il en résulterait la possibilité de mettre en œuvre des méthodes de construction plus rationnelles. Dans le cadre du deuxième programme, l'ajustement entre panneau de porte plane en bois et huisserie métallique a été choisi dans ce but comme sujet d'étude. A cet effet, le Bouwcentrum a élaboré une méthode basée sur la théorie des probabilités, en tenant compte à la fois de la précision de fabrication des panneaux de porte et des huisseries et de la précision des ajustements, dans le cas d'assemblages faits au hasard.

Un système uniforme de relevé des formes, des dimensions et des jeux a été appliqué, sur chaque chantier, à quarante ensembles panneau de porte-huisserie, pris parmi la totalité des fournitures, dont les commandes avaient dû préciser les tolérances à respecter. Un examen subjectif de la qualité des ajustements a été ensuite entrepris.

Le but final de ces études était la recherche d'un lien entre la précision des fabrications et la qualité des ajustements.

Le programme n'a pu être réalisé intégralement sur tous les chantiers. En effet, sur certains d'entre eux, on a employé un type de porte (porte à recouvrement) qui empêchait les observateurs de mesurer et d'évaluer les jeux entre panneau et huisserie. Sur d'autres, il n'a pas été possible d'obtenir la fourniture de panneaux de porte et d'huisserie satisfaisant aux exigences du programme.

On a pu cependant constater de grandes différences entre chantiers dans la précision des éléments fournis, tant du point de vue de l'écart moyen que de celui de la dispersion.

Par ailleurs, des déformations notables d'huisseries à la pose ont été observées.

Les observations effectuées ont abouti aux conclusions suivantes: d'une part, il est effectivement possible de fabriquer, sans augmentation du prix, des éléments présentant la précision exigée; d'autre part, si ces éléments sont livrés avec cette précision, non seulement un assemblage au hasard sans refaçonnage est réalisable, mais il entraîne un ajustement de meilleure qualité que celui qu'on pourrait réaliser dans les autres cas avec un refaçonnage.

Par conséquent, dans l'état actuel de la technique, une industrialisation accrue de la construction peut effectivement être recherchée dans le sens indiqué et, c'est certain du moins dans le cas étudié, les maîtres d'ouvrage sont fondés à exiger des fournitures présentant des précisions qui permettent leur assemblage sans refaçonnage.

2.24 Etude sur les applications nouvelles de l'acier

Il était particulièrement important de chercher à faire le point sur les conclusions que l'on pouvait tirer des applications nouvelles de l'acier réalisées sur les chantiers du programme expérimental. A cet effet, le C.S.T.B. a demandé à chaque institut d'indiquer ce qu'il pensait des emplois d'acier

qui présentait *pour leur pays* un caractère de nouveauté, ainsi que les réactions constatées auprès des utilisateurs.

L'étude d'ensemble qui a été faite à partir de cette enquête a amené le C.S.T.B. aux conclusions résumées ci-après.

Parmi les applications nouvelles de l'acier, on en rencontre dont l'intérêt technique et économique est, dès à présent, très généralement reconnu (exemple: «banches» en acier), d'autres qui connaissent un développement certain (exemple: poutrelles préfabriquées pour planchers utilisant comme armature la tôle pliée), d'autres qu'un abaissement du prix de fourniture par la réalisation de plus grandes séries permettrait sans doute de développer (exemple: charpentes de toiture), d'autres enfin dont l'avenir est très incertain, le prix actuel en étant en particulier très élevé (exemple: parois extérieures).

Il est à remarquer que certaines applications, très nouvelles dans certains pays (exemple: huisseries en Allemagne), sont déjà courantes dans d'autres (huisseries en France), ce qui laisse présager un développement dans les premiers.

Un avantage général de l'acier est la possibilité de fabrication très précise d'éléments de poids limité au moyen d'outillage à grand rendement, ce qui peut aider l'industrialisation de la construction en facilitant le montage.

Par contre, il faut apporter un soin tout particulier à la protection contre la corrosion et les dangers d'incendie s'opposent parfois à l'emploi d'acier sans protection spéciale.

2.25 Recherche et comparaison des prix de revient de certains éléments de construction

L'étude, élaborée par l'Institut für Bauforschung à Hanovre, portait, d'une part, sur les ensembles porte-huisserie déjà étudiés par ailleurs, du point de vue qualité des ajustements, par le Bouwcentrum (voir ci-dessus), d'autre part, sur les principaux éléments en acier employés sur les chantiers du programme.

La première partie de l'étude visait à déterminer l'effet du manque de précision dimensionnelle, à la livraison ou à la pose, des huisseries et des portes sur l'importance de la main-d'œuvre nécessaire et sur le prix de revient des ensembles ainsi réalisés.

La seconde partie de l'étude avait pour but de rechercher dans quelles conditions l'emploi d'éléments en acier revenait plus ou moins cher que celui d'éléments traditionnels.

On a constaté tout d'abord que la précision dimensionnelle était très généralement «payante»: d'une part les huisseries en acier sont difficiles à retoucher et, d'autre part, la retouche des panneaux de porte entraîne une consommation notable de main-d'œuvre.

Il a par ailleurs été mis en évidence que l'emploi d'éléments en acier ne pouvait être intéressant, du point de vue prix de fourniture, que si l'on avait à faire à des séries assez importantes permettant l'amortissement dans de bonnes conditions du matériel de fabrication, qui est généralement onéreux.

Par contre, la pose de ces éléments entraîne généralement, si elle est bien étudiée, une réduction notable des heures de main-d'œuvre nécessaire par rapport à celle nécessitée par la pose d'éléments traditionnels. On peut donc arriver de ce fait, dans certains cas, à une possibilité d'emploi compétitive, même avec des séries relativement limitées.

Il apparaît donc que des perspectives intéressantes s'ouvrent pour l'emploi plus généralisé d'éléments en acier dans la construction. En particulier, quelques-uns de ces éléments déjà utilisés couramment dans certains pays de la C.E.C.A. (par exemple: les huisseries et fenêtres métalliques en France) ont toute chance de voir leur champ d'application s'étendre dans les autres pays.

3. Annexes

Sont jointes à ce rapport:

- Les directives techniques élaborées par le comité des experts et qui ont été observées dans le cadre de ce programme.
- Une étude qui, bien que n'ayant pas été prévue dans le cadre du programme, présente un intérêt certain. Il s'agit d'une étude de l'Institut national du logement, à Bruxelles, sur la stabilité des logements types qui sont construits dans les régions affectées par des affaissements miniers. Étant donné que ce problème rencontre de grandes difficultés lors de la construction d'habitations dans les régions minières, les résultats obtenus présentent un intérêt particulier pour tous ceux que cette question préoccupe.

Remarque générale

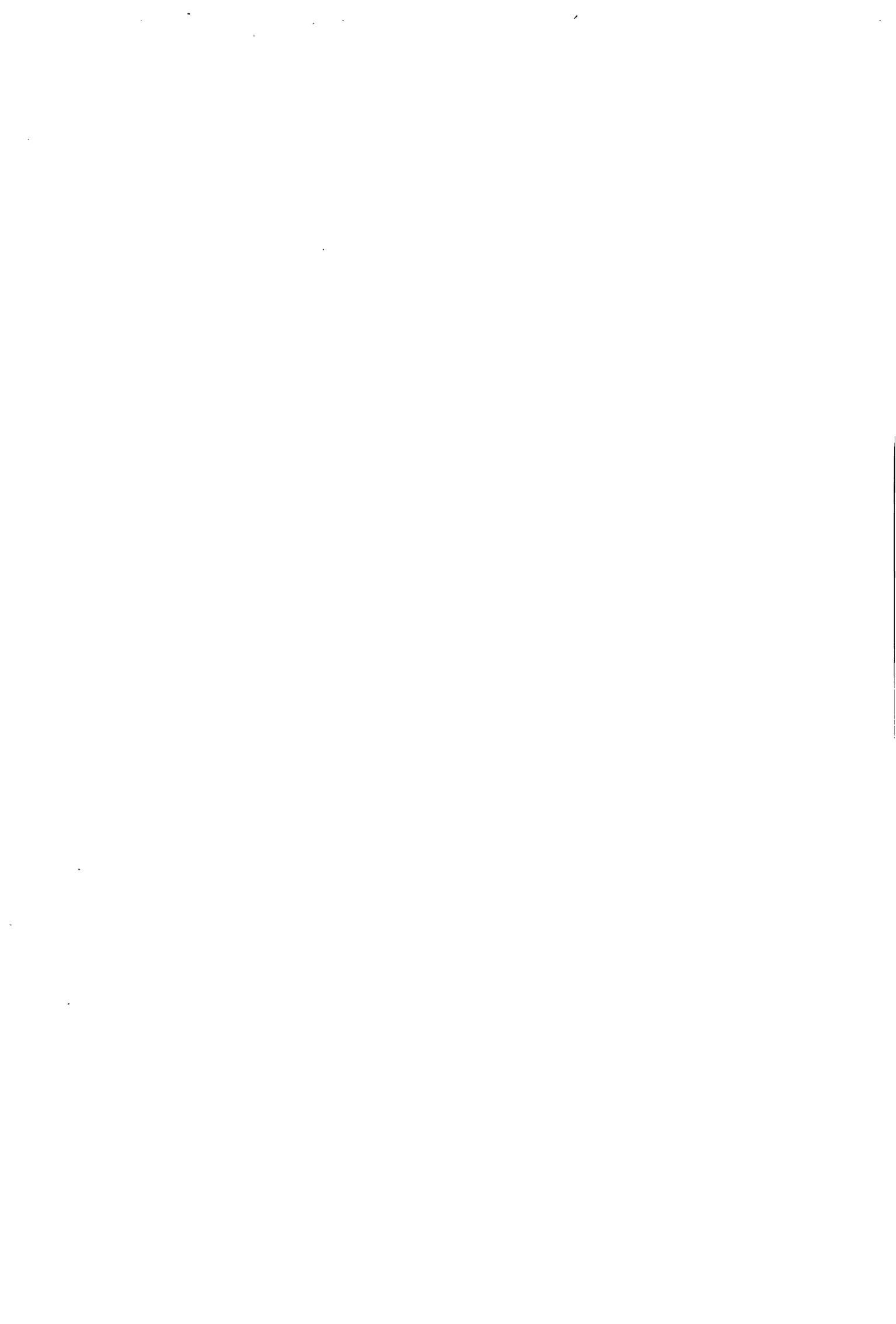
Les montants indiqués dans le présent rapport sont exprimés aussi bien en monnaie nationale qu'en unités de compte de l'accord monétaire européen (A.M.E.).

Les montants en unités de compte représentent des contre-valeurs en diverses monnaies nationales sur la base des parités suivantes (au 1^{er} janvier 1960):

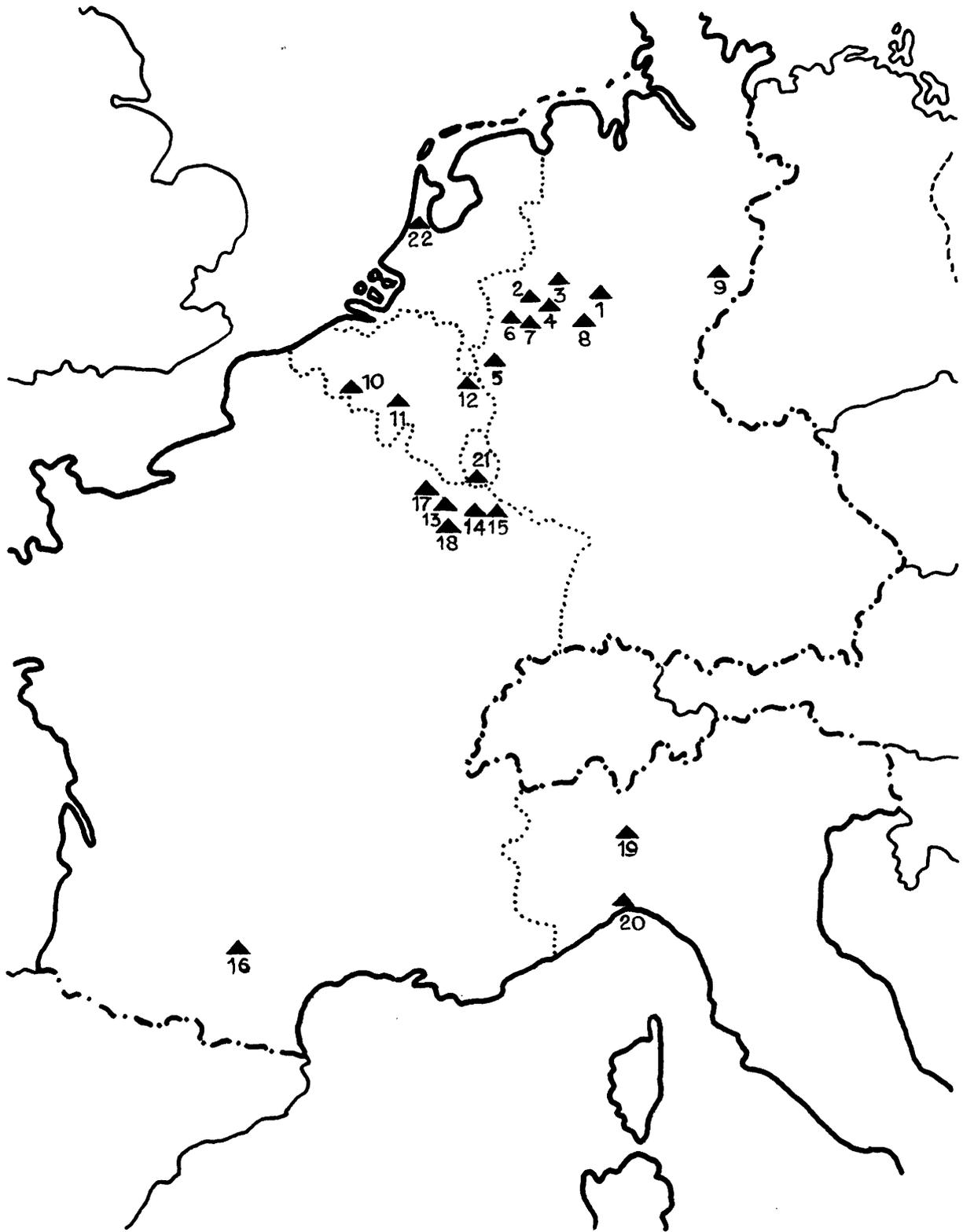
Une unité de compte A.M.E. =	\$ U.S.	1,—
	DM	4,20
	Frb.	50,—
	NF	4,93706
	Frl.	50,—
	Lit.	625,—
	Fl.	3,80

Dans le texte et les tableaux l'unité de compte A.M.E. est indiquée par «u.c.».

Chapitre II *Chantiers du programme*



Emplacement des chantiers dans les six pays de la Communauté⁽¹⁾



(1) voir page 18

1. Plans, élévations et devis descriptifs sommaires

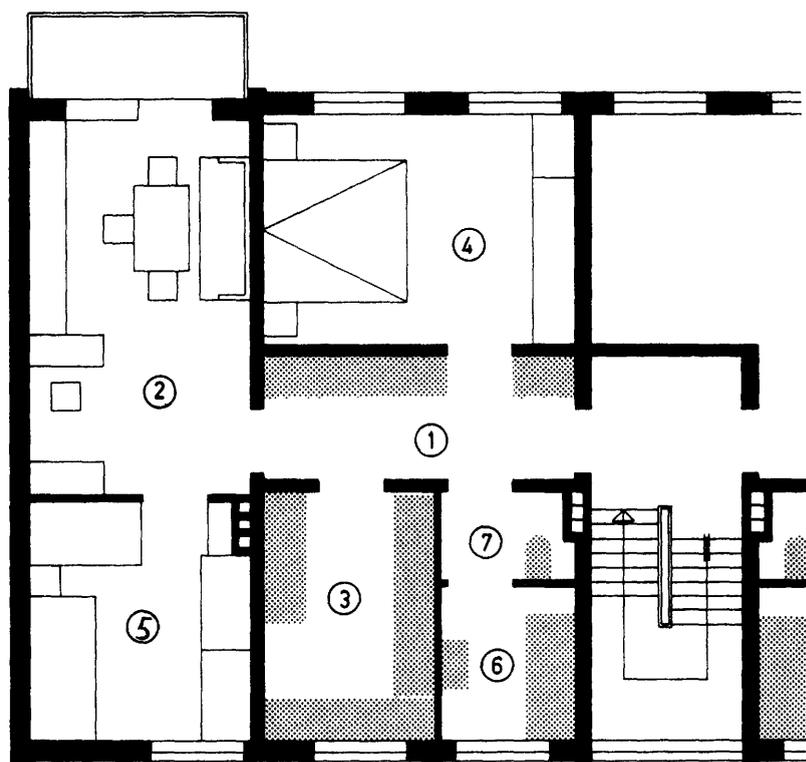


SCHÉMA DE PLAN TYPE

Légende

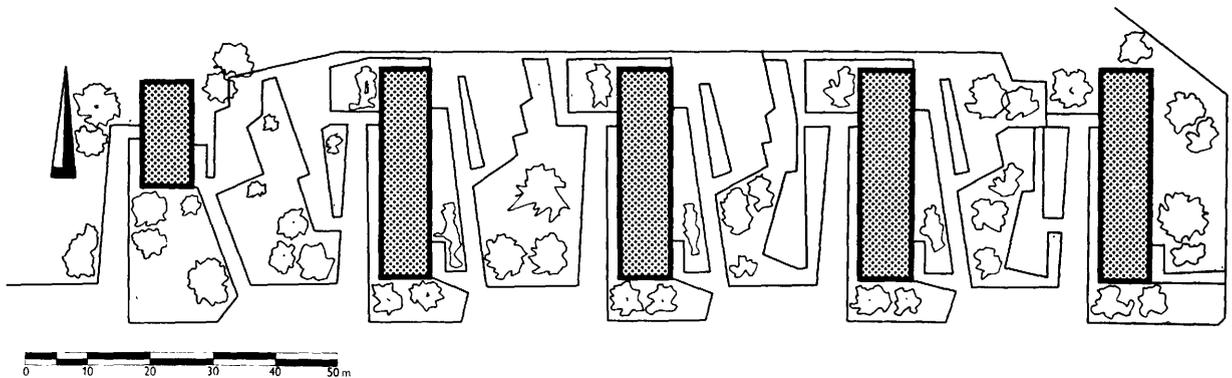
- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 1. Dégagement | 5. Chambre à coucher |
| 2. Salle de séjour | 6. Salle de bains |
| 3. Cuisine | 7. W.C. |
| 4. Chambre à coucher (parents) | |

Nombre de logements 54

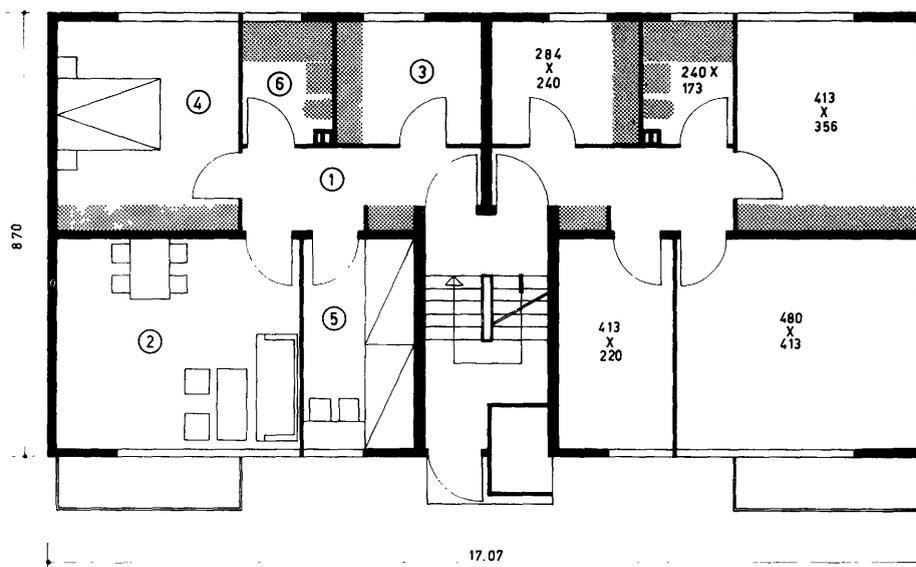
Adresse Dortmund-Scharnhorst

Maître d'ouvrage Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft mbH «Westfalia», Dortmund

Architectes Hoesch AG Büro Fertighausbau et F. Jaenicke, architecte, Malmö



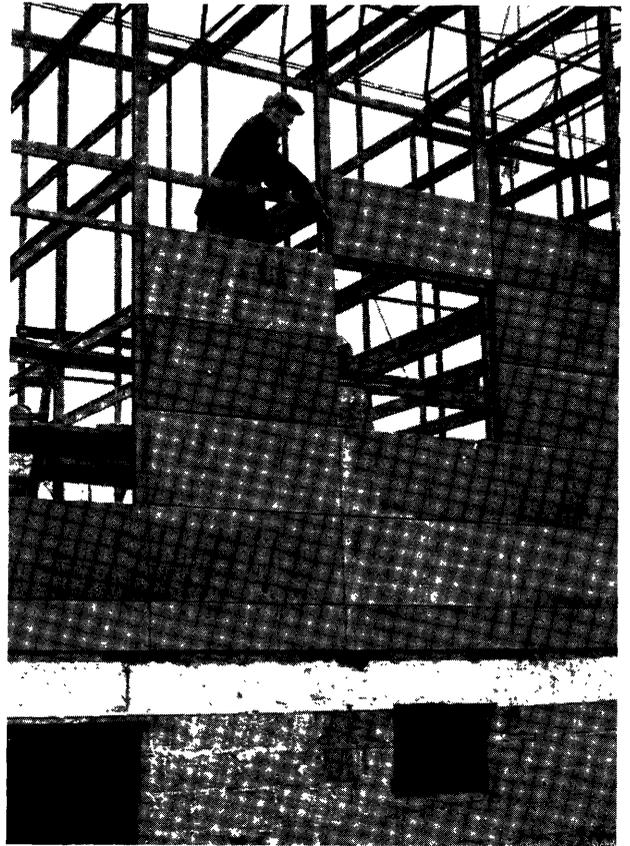
PLAN MASSE



PLAN D'ETAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Fondations filantes en béton
Murs porteurs	Ossature acier en profilés laminés à froid, remplissage extérieur en plaques Durisol de 12 cm
Façades non porteuses	Plaques extérieures en Durisol
Planchers	Poutrelles en profilés acier laminés à froid avec remplissage en plaques de béton léger (Bims)
Cloisons non porteuses	Entre logements, cloisons en plaques de Durisol; A l'intérieur des logements, cloisons légères en panneaux de placoplâtre
Escaliers	Escaliers avec limon acier et marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpentes en acier
Menuiseries	– Fenêtres en acier avec vitrage Thermopane – Portes: huisseries en acier portes isoplanes à recouvrement
Revêtement de sol	Linoléum-liège (Dunloplan) sur 20 mm d'asphalte
Chauffage	Chauffage central d'immeuble au charbon Distribution par radiateurs en acier
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz

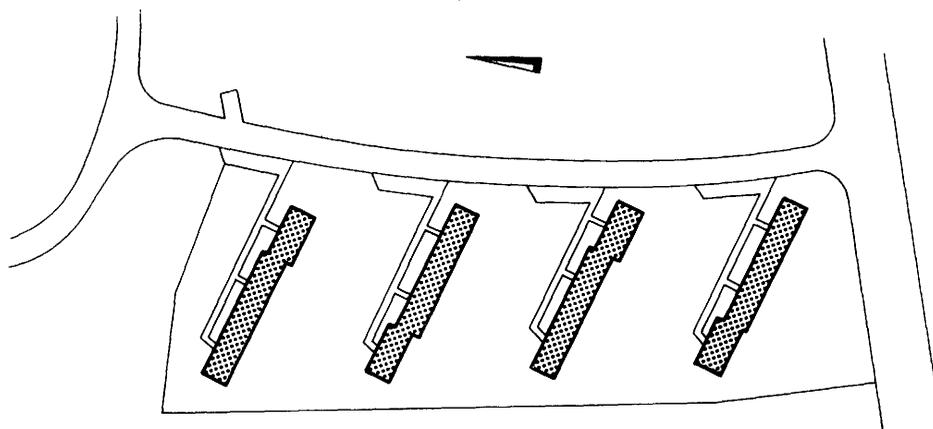


Pose de plaques de façade – Système «Hoesch»

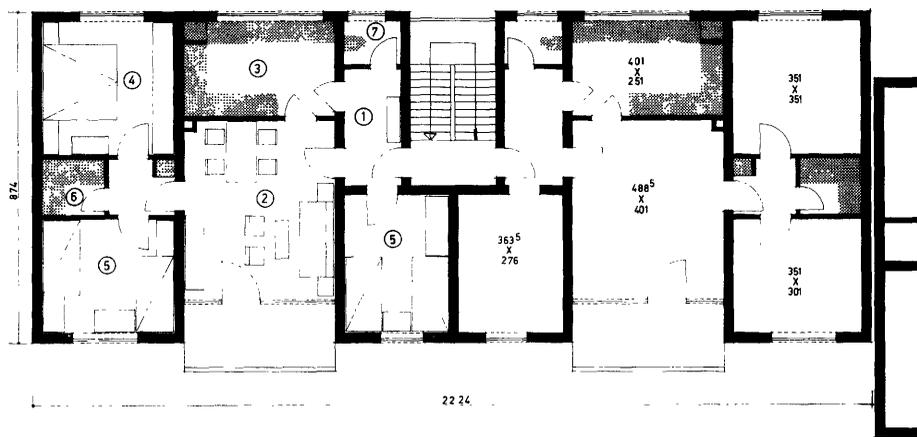


Un des bâtiments – Système «Hoesch»

Nombre de logements 96
Adresse Gelsenkirchen-Buer
Maître d'ouvrage Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft Scholven mbH
Gelsenkirchen-Buer
Architectes Bauabteilung der Bergwerksgesellschaft Hibernia AG, Herne



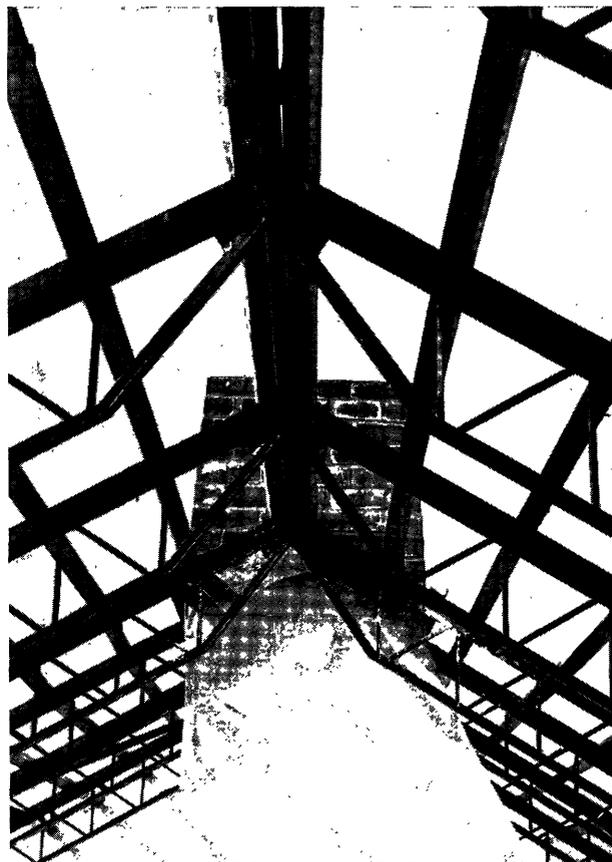
PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelles filantes en béton
Murs porteurs	Maçonnerie en briques
Façades non porteuses	–
Planchers	Plaques de béton armé
Cloisons non porteuses	Maçonnerie en briques creuses
Escaliers	Béton armé coulé en place avec marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpentes en acier
Menuiseries	– Fenêtres acier – Portes: huisseries en acier portes isoplanes à recouvrement
Revêtement de sol	Couche de P.V.C. sur plancher flottant
Chauffage	Raccordement au chauffage urbain Radiateurs en fonte
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz



Charpente métallique de toiture



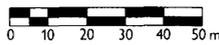
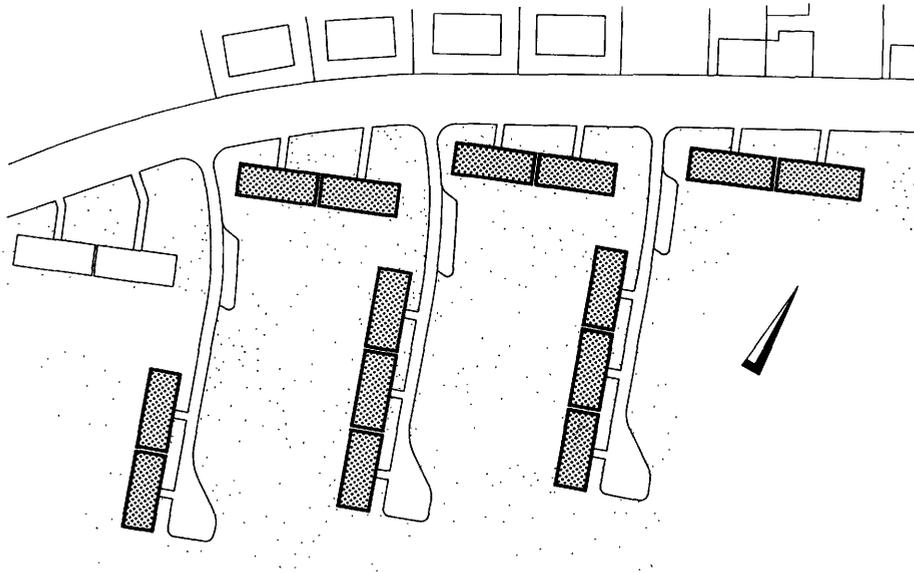
Un des bâtiments

Nombre de logements 100

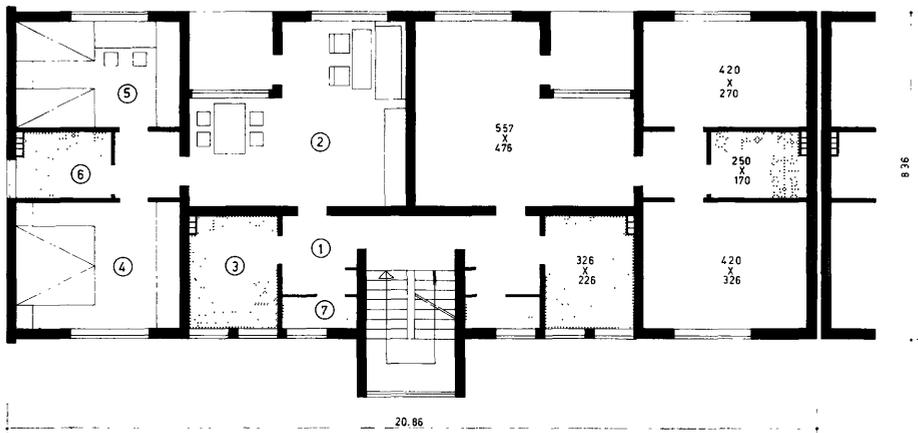
Adresse Gladbeck-Brauck

Maître d'ouvrage «Neue Heimat»
Gemeinnützige Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft Münster mbH
Hauptverwaltung Düsseldorf

Architecte Christian Schlemmer, Essen-Bredeneu



PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton banché
Murs porteurs	Maçonnerie de briques silico-calcaires et briques creuses
Façades non porteuses	—
Planchers	Plaques de béton armé
Cloisons non porteuses	Parpaings
Escaliers	Béton armé coulé en place avec marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpente en acier
Menuiseries	— Fenêtres en acier — Portes: huisseries en acier portes en contreplaqué à recouvrement
Revêtement de sol	Sol Marley sur plancher flottant
Chauffage	Chauffage central individuel Radiateurs en acier
Eau chaude	Chauffe-eau électrique



Détail d'une entrée d'immeuble



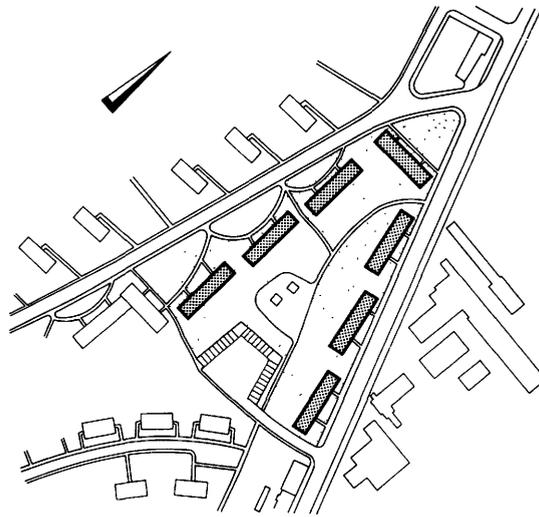
Ensemble du groupe

Nombre de logements 64 logements situés à Nattmannsweg
36 logements situés à Leithestrasse

Adresse Gelsenkirchen

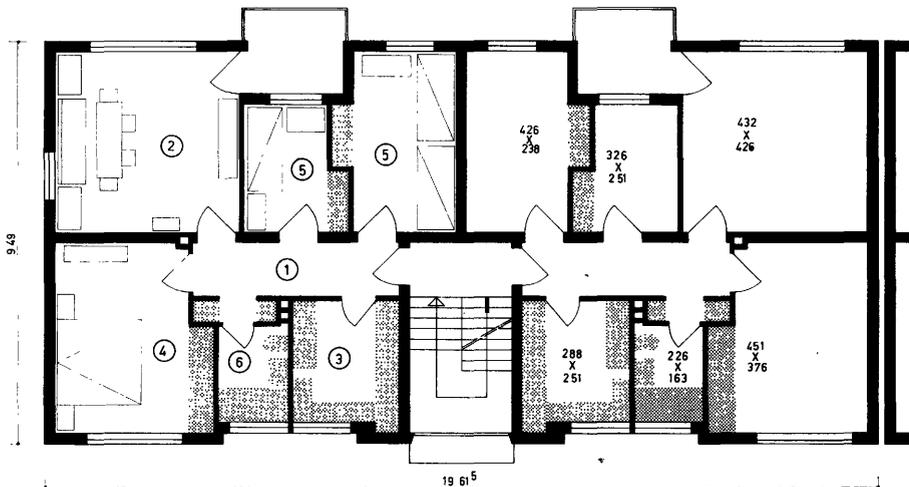
Maître d'ouvrage Rheinisch Westfälische Wohnstätten AG Gelsenkirchen

Architectes Rheinisch Westfälische Wohnstätten AG Gelsenkirchen



0 10 20 30 40 50 m

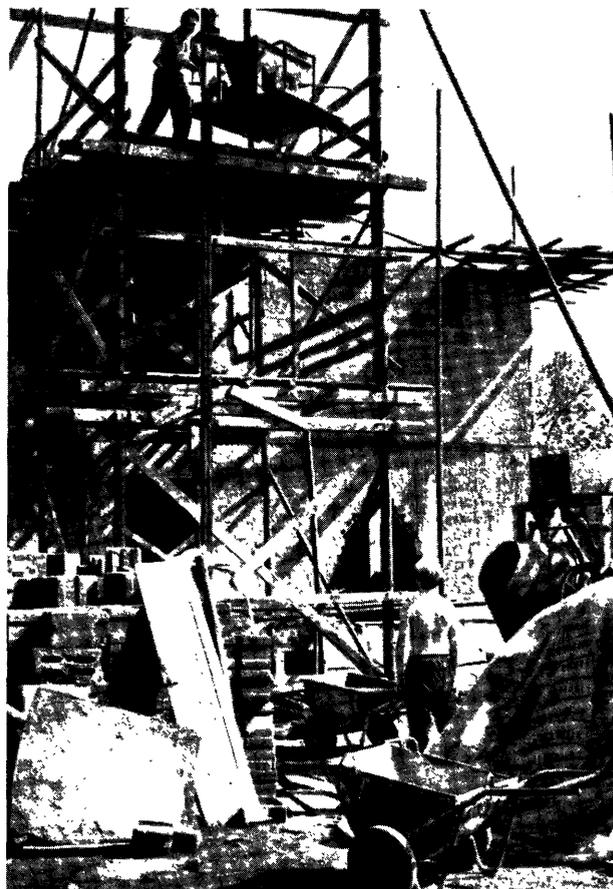
PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton banché
Murs porteurs	Maçonnerie de briques creuses
Façades non porteuses	–
Planchers	Dalles de béton armé
Cloisons non porteuses	Parpaings de Bims
Escaliers	Béton armé coulé en place avec marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpente en acier
Menuiseries	– Fenêtres en acier – Portes: huisseries en acier portes isoplans à recouvrement
Revêtement de sol	Linoléum sur plancher flottant
Chauffage	Raccordement au chauffage urbain, radiateurs en fonte
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz



Exécution de la maçonnerie



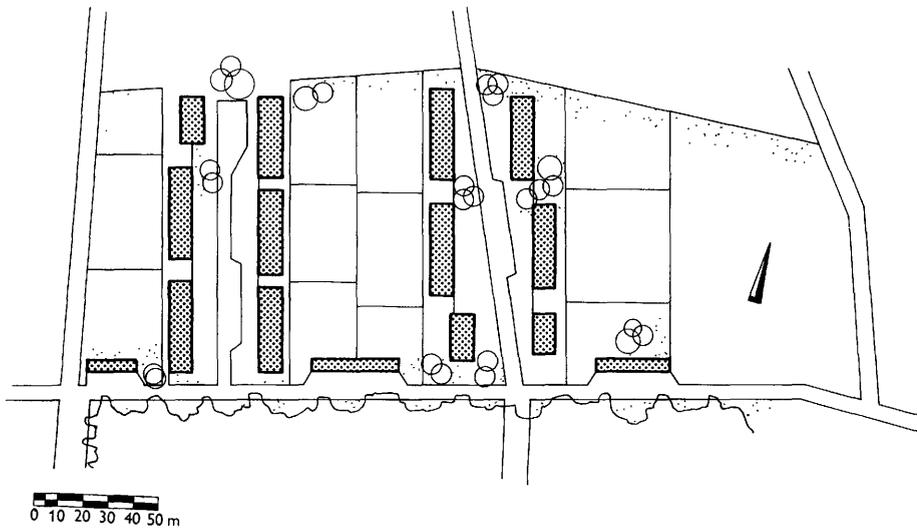
Ensemble du groupe

Nombre de logements 126

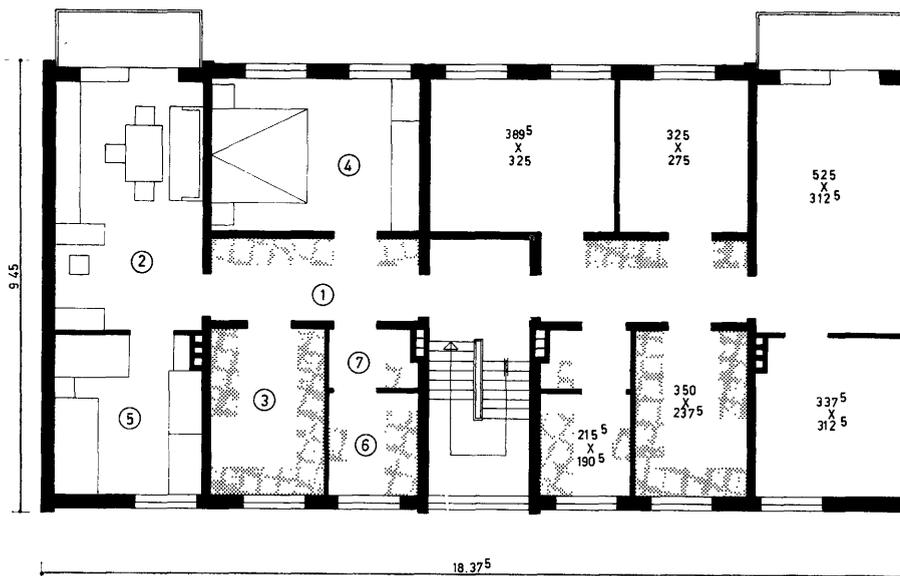
Adresse Höngen bei Aachen

Maître d'ouvrage Aachener Bergmannssiedlungsgesellschaft mbH, Aachen

Architecte H. Heinemann, Aachen



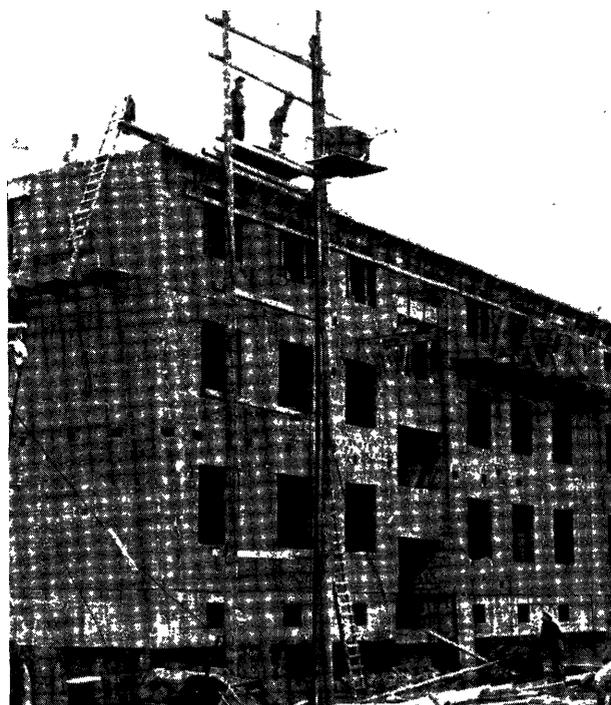
PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT (type B)

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton
Murs porteurs	Maçonnerie de briques Bims
Façades non porteuses	—
Planchers	Plaques béton armé
Cloisons non porteuses	Parpaings
Escaliers	Béton armé coulé en place avec marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpente en acier
Menuiserie	— Fenêtres en acier — Portes: huisseries en acier portes isoplanes à recouvrement
Revêtement de sol	Linoléum sur plancher flottant
Chauffage	Chauffage central individuel par logement Radiateurs en acier
Eau chaude	Chaudière électrique



Exécution de la maçonnerie (type B)



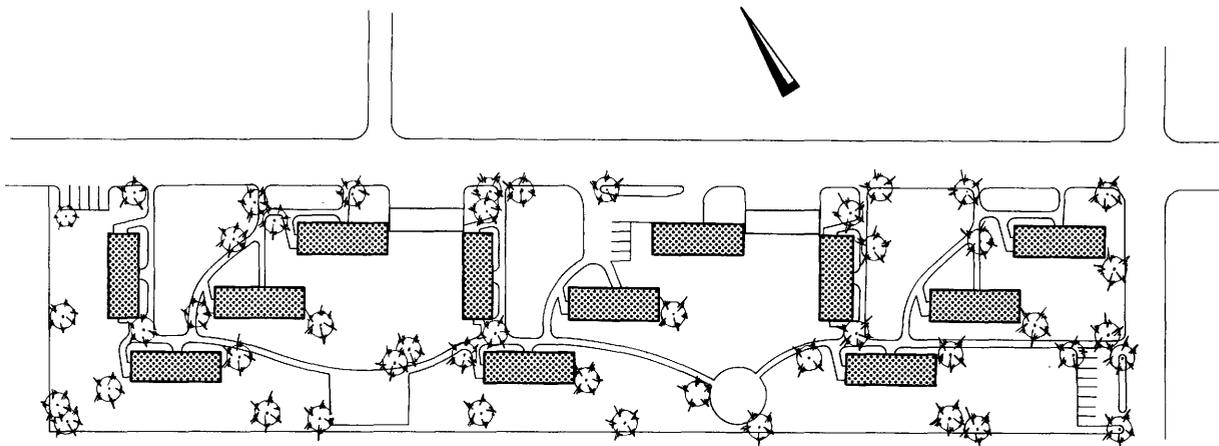
Vue du groupe (type A)

Nombre de logements 96

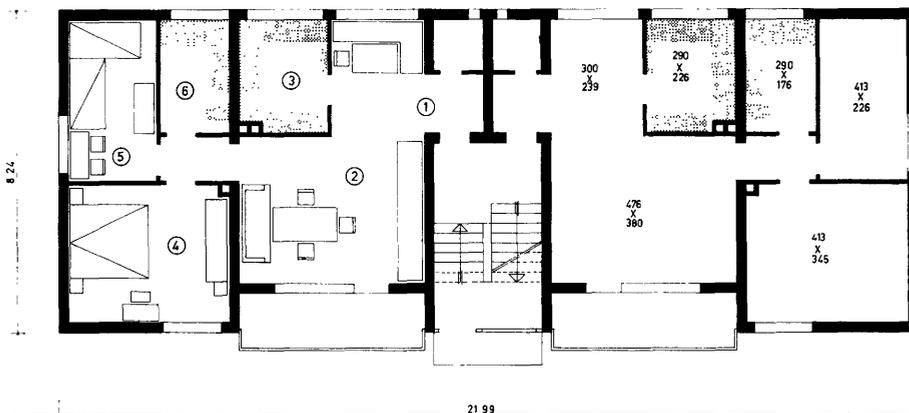
Adresse Moers

Maître d'ouvrage Rheinische Wohnstätten AG Duisburg

Architectes Rheinische Wohnstätten AG Duisburg



PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton banché
Murs porteurs	Maçonnerie de briques creuses
Façades non porteuses	—
Planchers	Plaques de béton armé
Cloisons non porteuses	Parpaings
Escaliers	Béton armé coulé en place avec marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpente en bois
Menuiseries	— Fenêtres en acier — Portes: huisseries en acier portes isoplans
Revêtement de sol	Linoléum sur plancher flottant
Chauffage	Chauffage central d'îlot Radiateurs en fonte
Eau chaude	Chaudière électrique

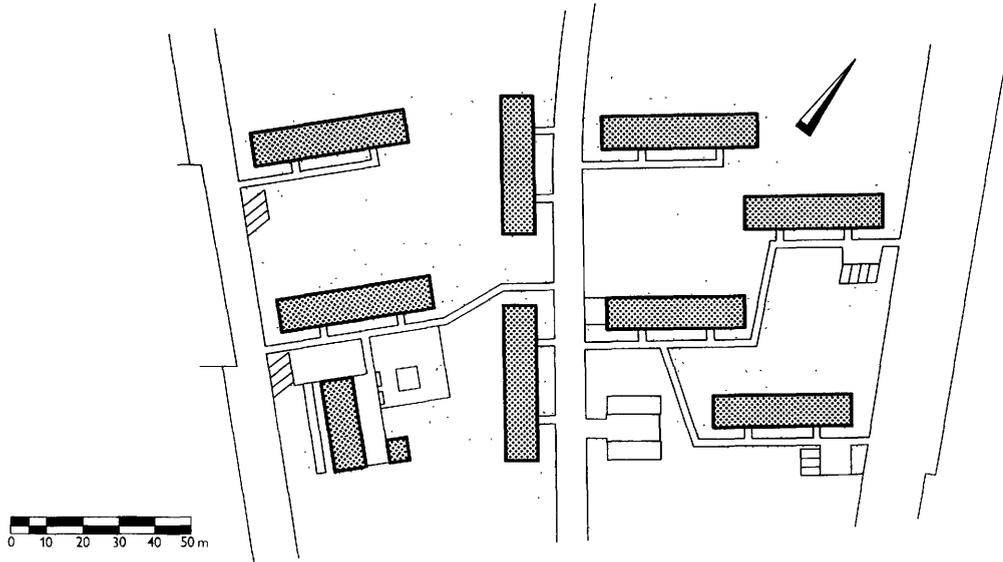


Entrée d'un immeuble

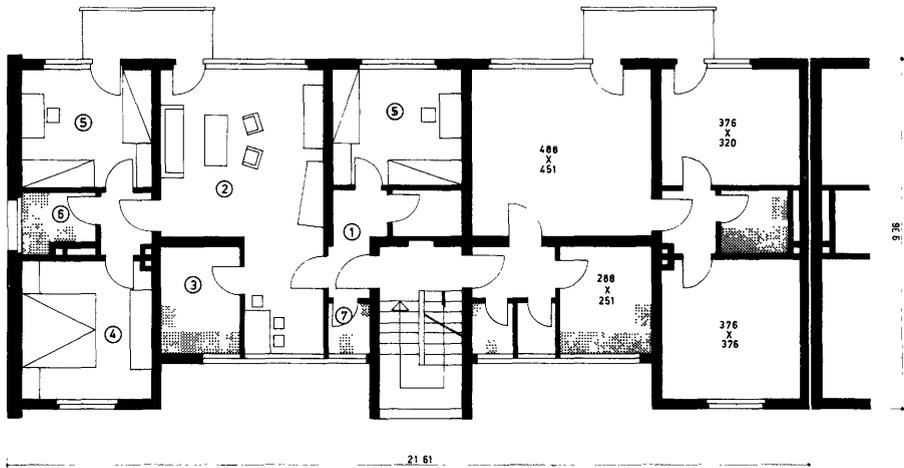


Ensemble du groupe

Nombre de logements 96
Adresse Essen-Frintrop
Maître d'œuvre Wohnungsbaugesellschaft Dümpten mbH Oberhausen
Architecte Christian Schlemmer, Essen-Bredene



PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton banché
Murs porteurs	Maçonnerie de briques creuses
Façades non porteuses	—
Planchers	Plaques de béton armé
Cloisons non porteuses	Parpaings
Escaliers	Béton armé coulé en place avec marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpente en acier
Menuiseries	— Fenêtres en acier — Portes: huisseries en acier portes isoplanes
Revêtement de sol	Plaques Marley sur plancher flottant
Chauffage	Chauffage central d'îlot Panneaux de chauffage en acier
Eau chaude	Chauffe-eau électrique



Charpente de toiture en acier



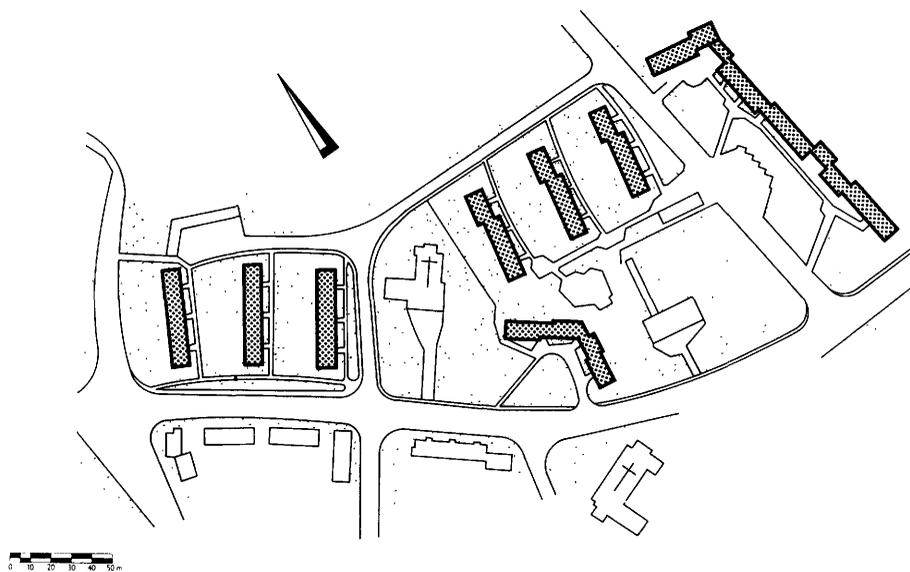
Vue d'un bâtiment

Nombre de logements 100

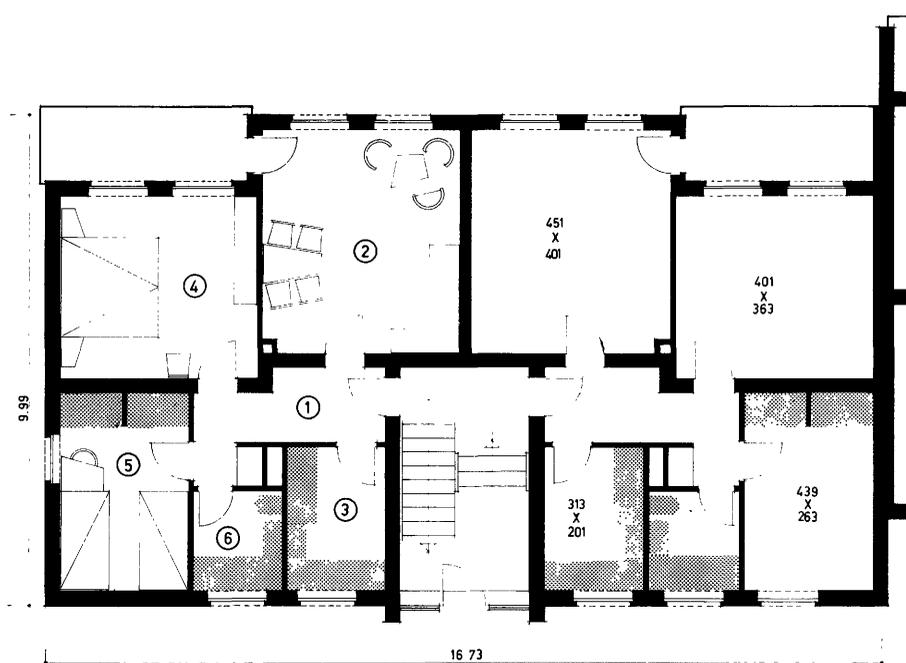
Adresse Welper/Ruhr

Maître d'ouvrage Gartenstadt Hüttenau eGmbH, Welper/Ruhr

Architecte Aloïs Behrens, Welper/Ruhr



PLAN MASSE



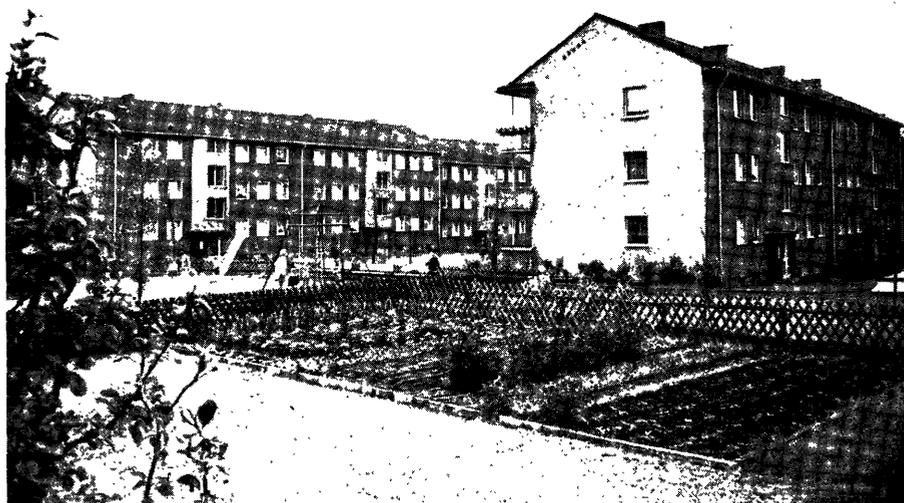
PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton de cailloux
Murs porteurs	Maçonnerie de briques creuses
Façade non porteuse	–
Planchers	Plaques de béton armé
Cloisons non porteuses	Briques de laitier
Escaliers	Escaliers en béton armé avec marches en terrazzo
Toiture	Charpente en acier
Menuiseries	– Fenêtres en acier – Portes: huisseries en acier portes isoplanes à recouvrement
Revêtement de sol	Linoléum sur plancher flottant
Chauffage	Chauffage central d'îlot Radiateurs en acier
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz

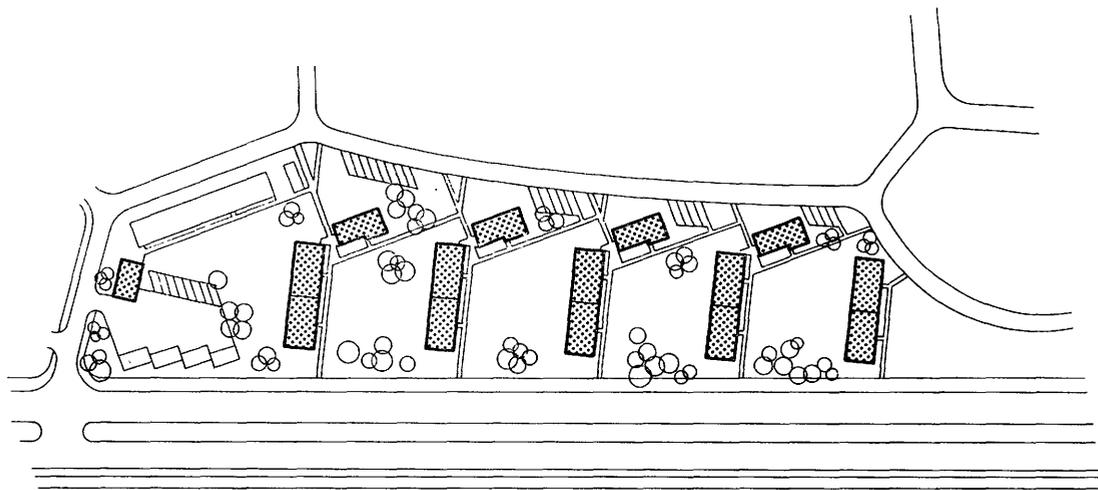


Réalisation de la maçonnerie

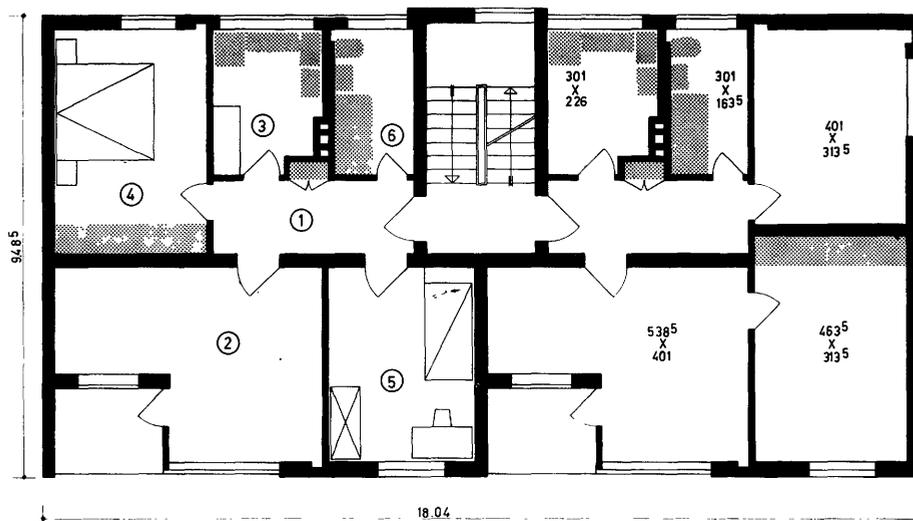


Une partie du groupe

Nombre de logements 104
Adresse Salzgitter-Lebenstedt
Maître d'ouvrage Wohnungs-Aktiengesellschaft, Salzgitter
Architecte Wohnungs-Aktiengesellschaft, Salzgitter



PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton banché
Murs porteurs	Maçonnerie de briques creuses
Façades non porteuses	—
Planchers	Plaques de béton armé
Cloisons non porteuses	Briques creuses
Escaliers	Béton armé coulé en place avec marches en pierre reconstituée
Toiture	Charpentes en acier
Menuiseries	— Fenêtres en acier — Portes: huisseries en acier portes isoplans à recouvrement
Revêtement de sol	Linoléum sur plancher flottant
Chauffage	Chauffage central d'îlot Radiateurs en acier
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz



Chantier en cours



Une partie du groupe

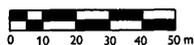
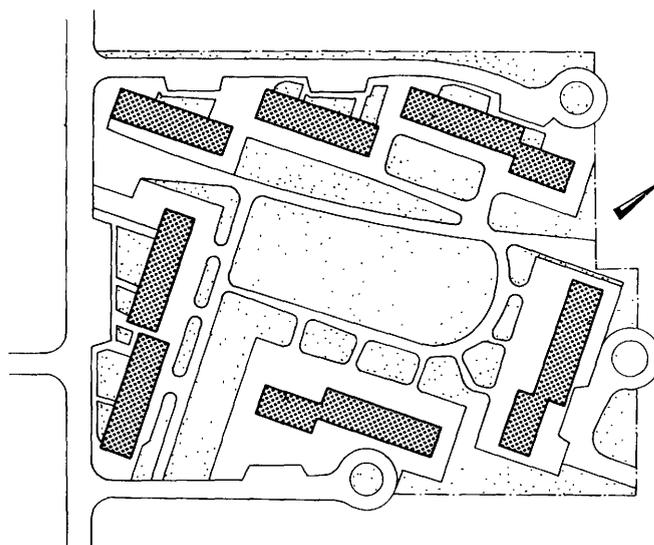
Nombre de logements 119

Adresse Cuesmes (Province de Hainaut)

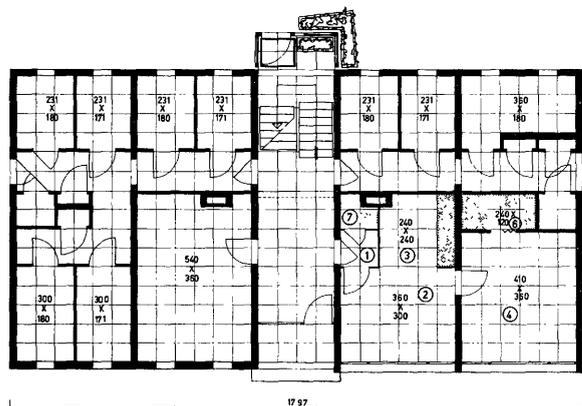
Maître de l'ouvrage Société régionale du logement du Borinage (Sorelobo), agréée par la Société nationale du logement

Maître d'œuvre Institut national du logement

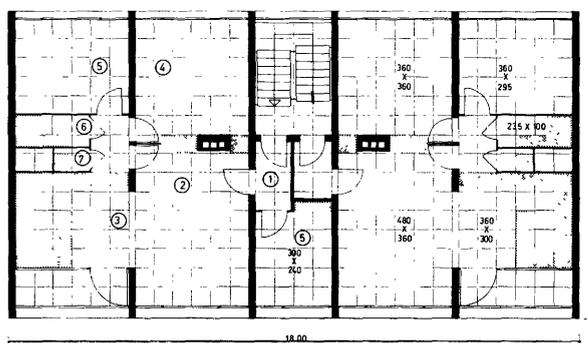
Architecte A. Pion



PLAN MASSE



PLAN DE SOUS-SOL COURANT



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelle filante en béton
Murs porteurs	Béton armé coulé en banches métalliques, joints articulés avec les planchers
Façades	Panneaux préfabriqués en bois a) parties opaques: extérieur: amiante-ciment émaillé intérieur: panneau de fibre de lin, isolation thermique intermédiaire b) vitrages doubles
Planchers	Béton armé coulé sur coffrage métallique, lissé mécaniquement
Cloisons non porteuses	Panneaux de fibre de lin préfabriqués Locaux sanitaires et cuisine: revêtement de textile enduit de P.V.C. Huisseries, appareillage électrique et appareils de ventilation incorporés
Escaliers	Limon central et marches préfabriqués en béton armé Marches avec granito
Toiture	Toiture-terrasse en béton armé avec corniche en éléments préfabriqués Étanchéité multicouche sur isolation thermique
Menuiseries extérieures	Panneaux d'entrée de même composition que panneaux de façade courants Châsis de cave en acier
Menuiseries intérieures	Huisseries en tôle pliée en murs Huisseries en bois en cloisons Portes isoplanes
Revêtements	Logements: P.V.C. enduit sur feutre Parties communes: carreaux vinyliques Revêtements directement collés sur béton
Chauffage	Chauffage d'îlot au charbon ou fuel-oil Radiateurs en acier à panneaux
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz (inclus dans le bloc ménager)

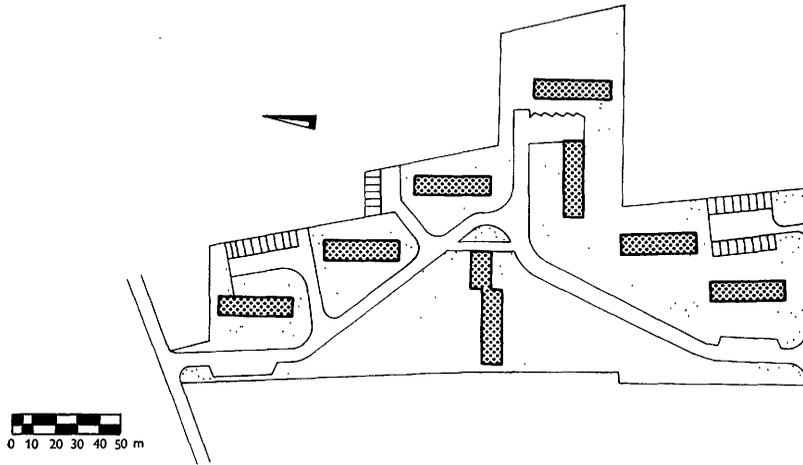


Vue en détail du joint de dilatation.
Ce joint est destiné à compenser les mouvements provoqués par les affaissements éventuels du terrain.

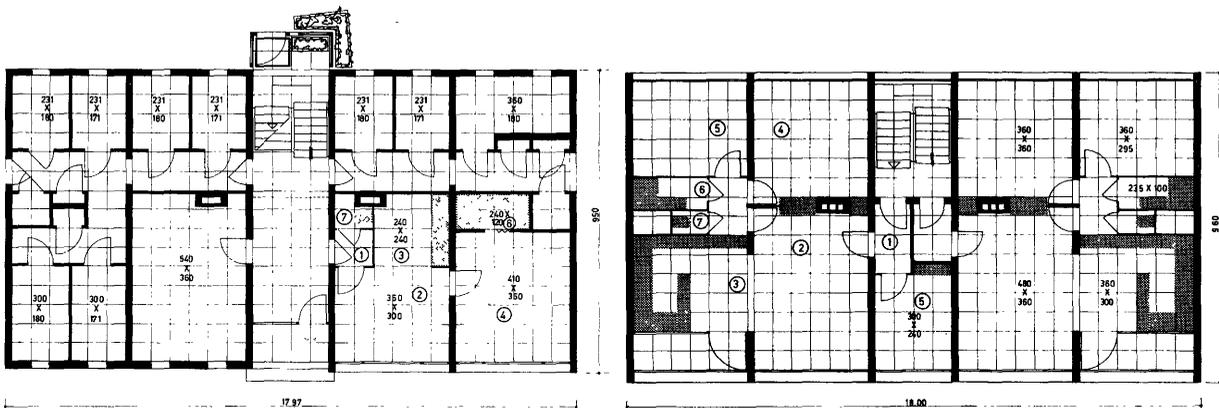


Vue de détail d'une façade

Nombre de logements 119
Adresse Marcinelle (Province de Hainaut)
Maître de l'ouvrage Le Foyer marcinellois, agréé par la Société nationale du logement
Maître d'œuvre Institut national du logement
Architecte W. Manhay



PLAN MASSE

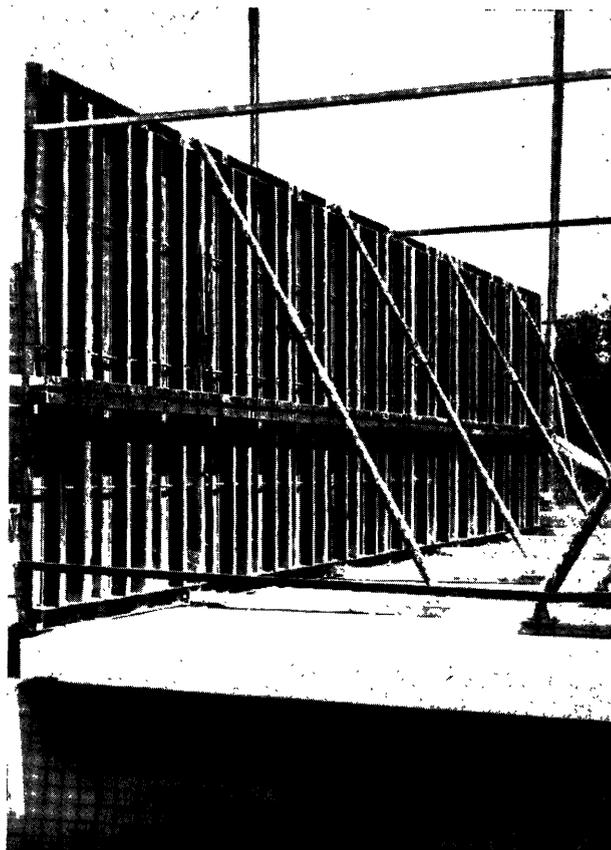


PLAN DE SOUS-SOL COURANT

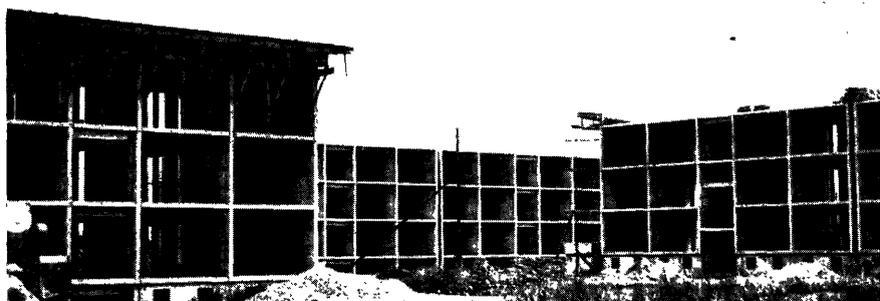
PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelle filante en béton
Murs porteurs	Béton armé coulé en banches métalliques, joints articulés avec les planchers
Façades	Panneaux préfabriqués en bois a) parties opaques: extérieur: amiante-ciment émaillé intérieur: panneau de fibre de lin, isolation thermique intermédiaire b) vitrages doubles
Planchers	Béton armé coulé sur coffrage métallique, lissé mécaniquement
Cloisons non porteuses	Panneaux de fibre de lin préfabriqués Locaux sanitaires et cuisine: revêtement de textile enduit de P.V.C. Huisseries, appareillage électrique et appareils de ventilation incorporés
Escaliers	Limon central et marches préfabriqués en béton armé Marches avec granito
Toiture	Toiture-terrace en béton armé avec corniche en éléments préfabriqués Etanchéité multicouche sur isolation thermique
Menuiseries extérieures	Panneaux d'entrée de même composition que panneaux de façade courants Châssis de cave en acier
Menuiseries intérieures	Huisseries en tôle pliée en murs Huisseries en bois en cloisons Portes isoplanes
Revêtements	Logements: P.V.C. enduit sur feutre Parties communes: carreaux vinyliques Revêtements directement collés sur béton
Chauffage	Chauffage d'îlot au charbon ou fuel-oil Radiateurs en acier à panneaux
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz (inclus dans le bloc ménager)

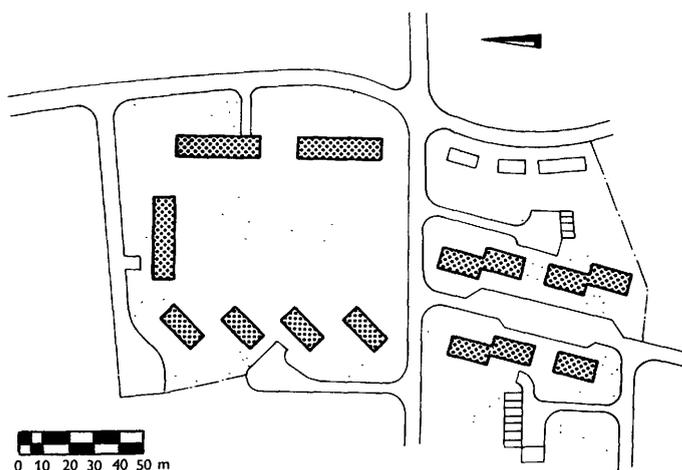


Vue d'ensemble d'un coffrage de mur

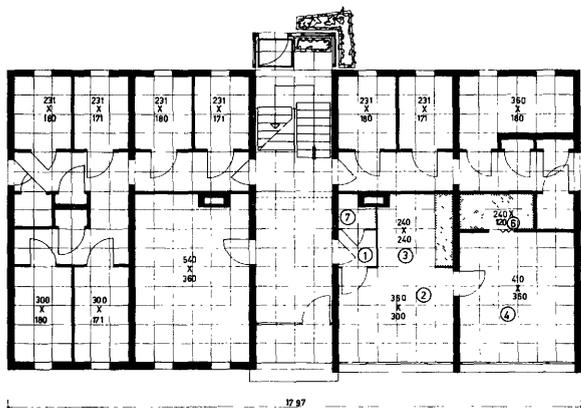


Vue d'ensemble de diverses unités types avant la pose des murs-rideaux

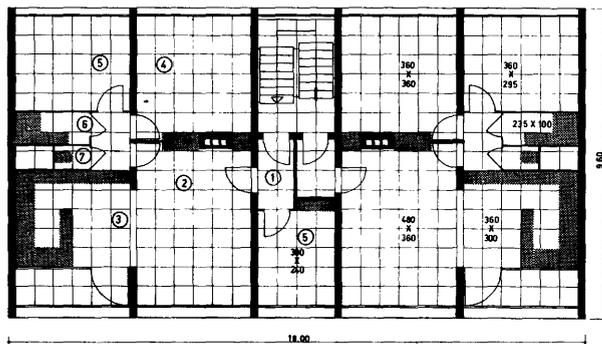
Nombre de logements	119
Adresse	Beyne-Heusay (Province de Liège)
Maître d'ouvrage	Le Foyer de la région de Fléron, agréé par la Société nationale du logement
Maître d'œuvre	Institut national du logement
Architecte	H. Ummels



PLAN MASSE



PLAN DE SOUS-SOL COURANT



PLAN D'ÉTAGE COURANT

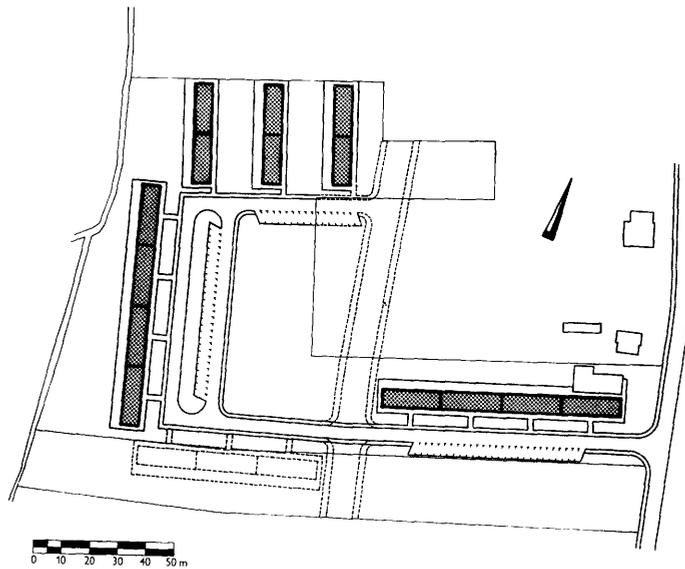
Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelle filante en béton
Murs porteurs	Béton armé coulé en banches métalliques, joints articulés avec les planchers
Façades	Panneaux préfabriqués en bois a) parties opaques: extérieur: amiante-ciment émaillé intérieur: panneau de fibre de lin, isolation thermique intermédiaire b) vitrages doubles
Planchers	Béton armé coulé sur coffrage métallique, lissé mécaniquement
Cloisons non porteuses	Panneaux de fibre de lin préfabriqués Locaux sanitaires et cuisine: revêtement de textile enduit de P.V.C. Huisseries, appareillage électrique et appareils de ventilation incorporés
Escaliers	Limon central et marches préfabriqués en béton armé Marches avec granito
Toiture	Toiture-terrasse en béton armé avec corniche en éléments préfabriqués Étanchéité multicouche sur isolation thermique
Menuiseries extérieures	Panneaux d'entrée de même composition que panneaux de façade courants Châssis de cave en acier
Menuiseries intérieures	Huisseries en tôle pliée en murs Huisseries en bois en cloisons Portes isoplanes
Revêtements	Logements: P.V.C. enduit sur feutre Parties communes: carreaux vinyliques Revêtements directement collés sur béton
Chauffage	Chauffage d'îlot au charbon ou fuel-oil Radiateurs en acier à panneaux
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz (inclus dans le bloc ménager)

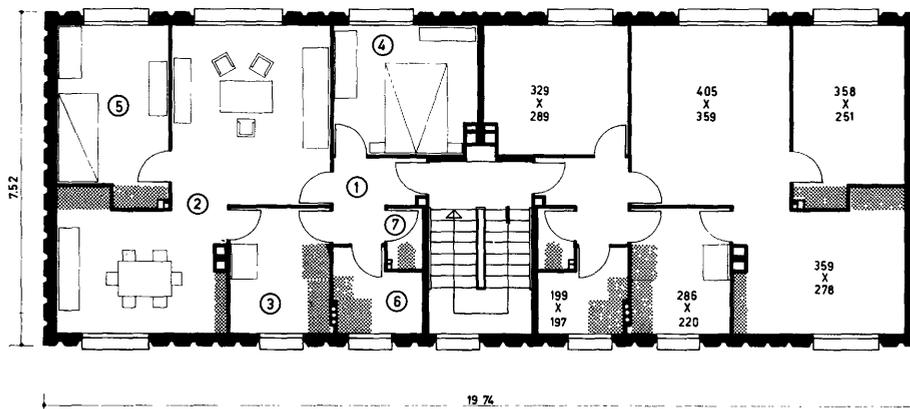


Décoffrage d'un plancher

Nombre de logements 112
Adresse Route de Ste-Agathe à Florange (Moselle)
Maître d'ouvrage Société immobilière thionilloise, Thionville (Moselle)
Architecte Lafon, Paris



PLAN MASSE



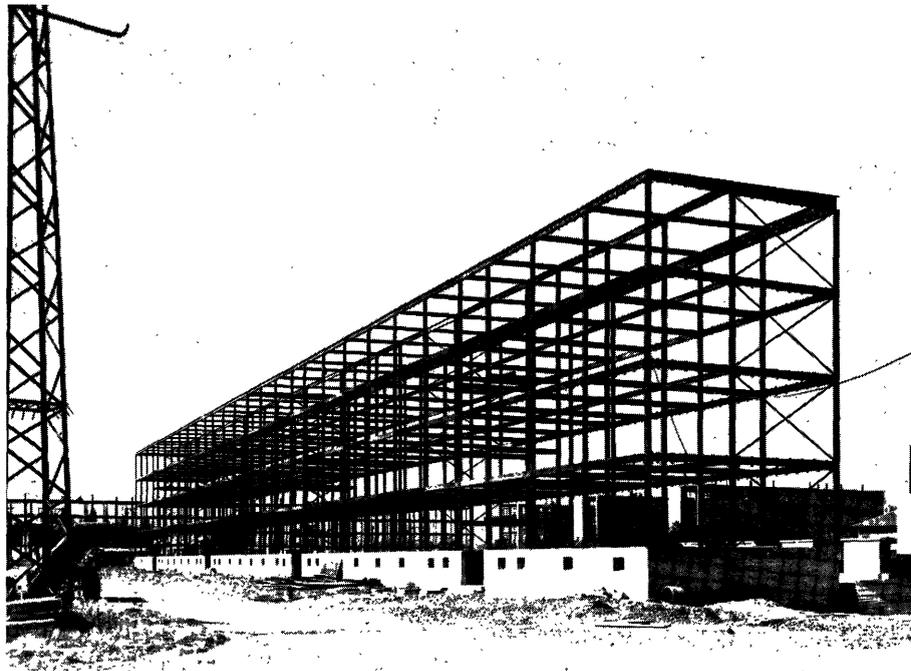
PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelle filante béton armé
Ossature	Acier profilé
Façades	a) Extérieur: tôle d'acier nervurée galvanisée 75/100 mm b) Roclainé 25 mm c) Intérieur: plaque de plâtre pré-enduite une face 5 cm
Planchers	Solives-hourdis en tôle pliée en U, hauteur 16 cm
Cloisons non porteuses	a) Entre logements et contre-cage d'escalier: cloisons doubles en plaques de plâtre préenduites 1 face b) Entre pièces: plaques de plâtre préenduites 2 faces
Escaliers	Volées préfabriquées en acier, tôle pliée 2 mm (limon, marches, contremarches)
Toiture	Toiture-terrasse en acier
Menuiseries extérieures	Tôle pliée
Menuiseries intérieures	Huisseries en tôle pliée Portes isoplanes
Revêtement de sol	P.V.C. enduit sur feutre collé sur chape ciment
Chauffage	Chauffage central d'ilot au charbon Radiateurs en fonte
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz

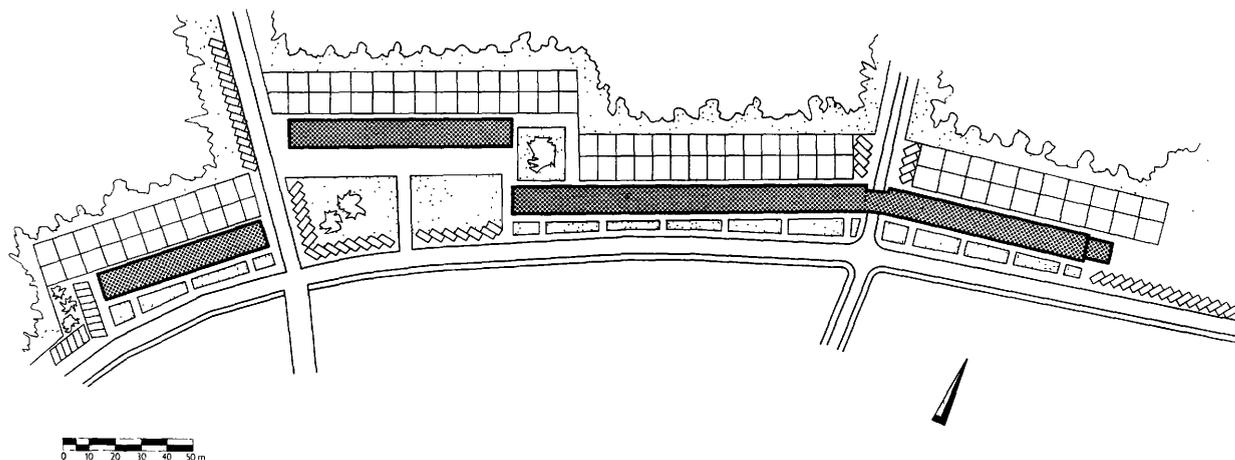


Une partie du groupe – Système «Domofer»

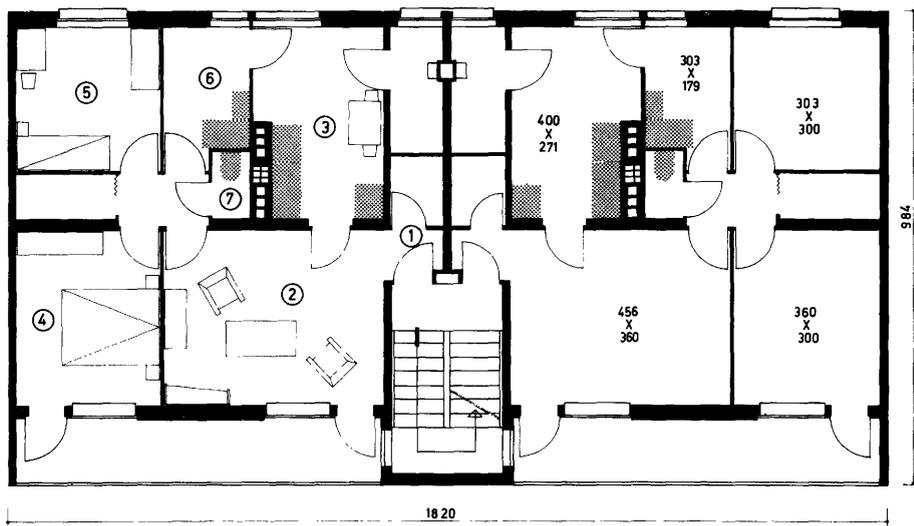


Charpente porteuse en acier – Système «Domofer»

Nombre de logements 102
Adresse Cité Emile-Huchet
Saint-Avold (Moselle)
Maître d'ouvrage Houillères du bassin de Lorraine, Valmont-lès-St-Avold (Moselle)
Architecte Service architecture des H.L.M. Hanotaux, architecte D.P.L.G. en liaison
avec Doignon-Tournier, architecte D.P.L.G., Metz (Moselle)



PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelles filantes en béton de laitier non armé
Murs porteurs (façades)	Blocs béton cellulaire «Durox», épaisseur 20 à 25 cm
Planchers	Type B.H.: béton armé, avec poutrelles préfabriquées Épaisseur brute: 16 cm
Cloisons intérieures	Briques creuses Épaisseur: 5,5 cm
Escaliers	Béton armé coulé en place
Toiture-terrace	Plancher B.H. avec étanchéité multicouche
Menuiseries extérieures	Portes et fenêtres acier Profils U.T.M.M.
Menuiseries intérieures	Huisseries profilés acier Portes isoplanes
Revêtement de sol	P.V.C. Enduit sur feutre Carrelage dans les salles d'eau
Chauffage	Chauffage central d'îlot à eau chaude Radiateurs en fonte
Eau chaude	Chauffe-eau au gaz butane

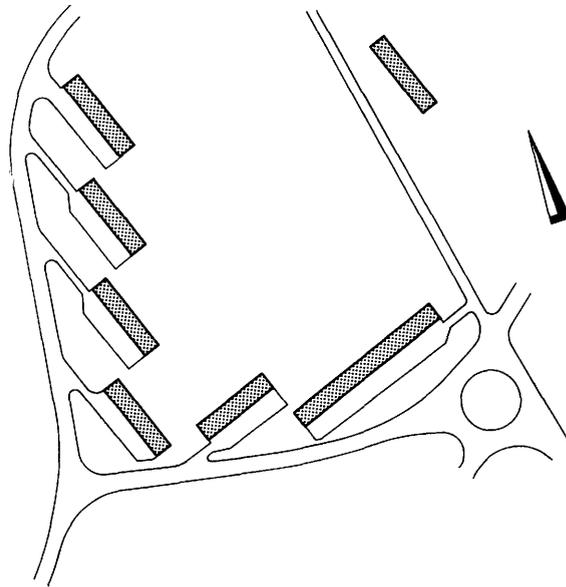


Partie du groupe en exécution

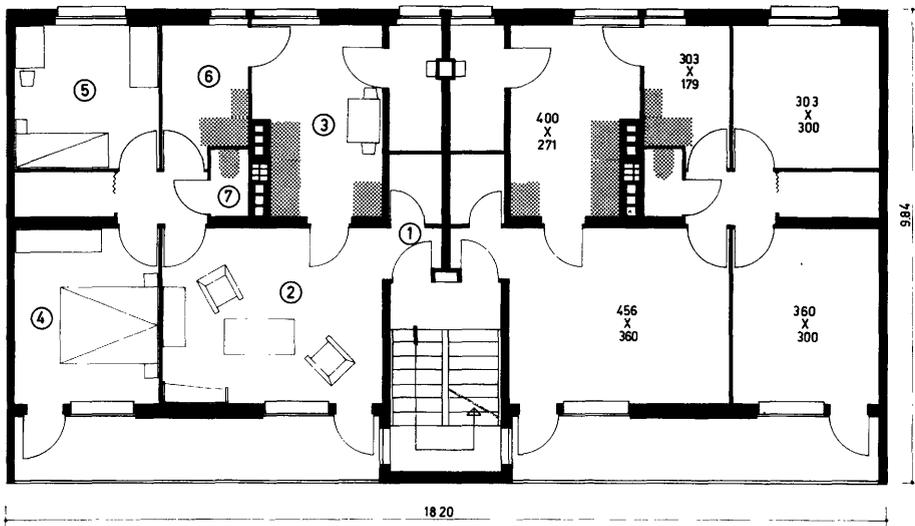


Exécution de la maçonnerie

Nombre de logements	98
Adresse	Cité de la Carrière à Saint-Avold (Moselle)
Maître d'ouvrage	Houillères du bassin de Lorraine, Faulquemont (Moselle)
Architectes	H.L.M. — Service architecture Hanotaux, architecte D.P.L.G. en liaison avec Doignon-Tournier, architecte D.P.L.G. et ingénieur E.T.P. à Metz



PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelles filantes en béton de laitier non armé
Murs porteurs (façades)	Blocs béton cellulaire «Durox» épaisseur 20 à 25 cm
Planchers	Type B.H.: béton armé, avec poutrelles préfabriquées Épaisseur brute: 16 cm
Cloisons intérieures	Briques creuses Épaisseur: 5,5 cm
Escaliers	Béton armé coulé en place
Toiture-terrasse	Plancher B.H. avec étanchéité multicouche
Menuiseries extérieures	Portes et fenêtres acier Profils U.T.M.M.
Menuiseries intérieures	Huisseries profilés acier Portes isoplanes
Revêtement de sol	P.V.C. Enduit sur feutre Carrelage dans les salles d'eau
Chauffage	Chauffage central d'îlot à eau chaude par radiateur fonte
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz de ville

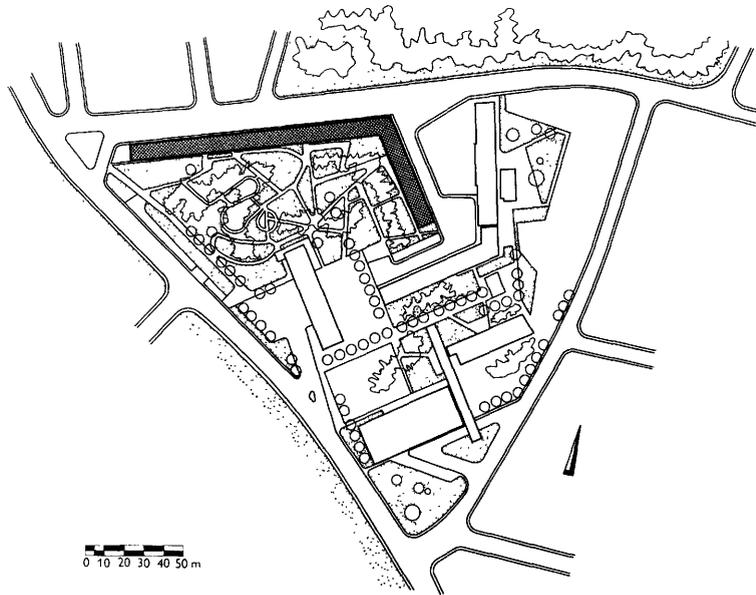


Un des bâtiments en exécution

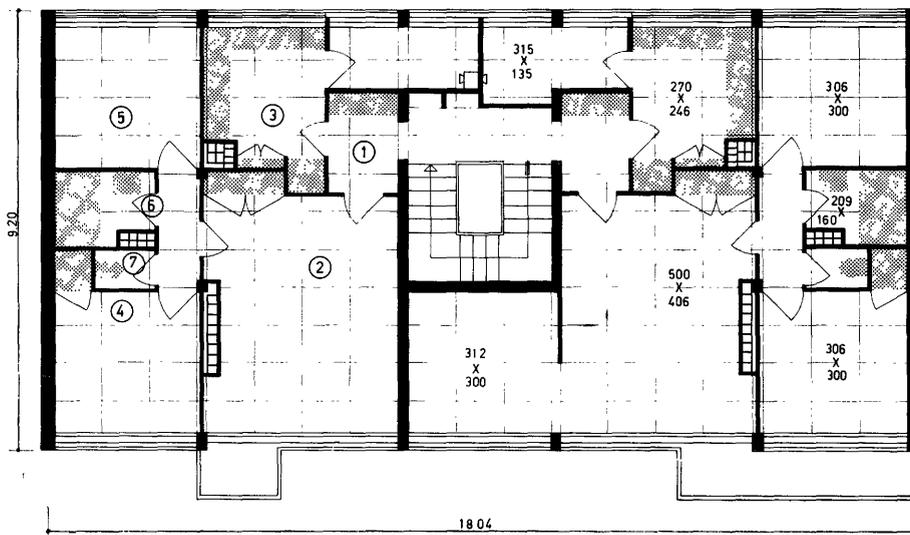


Un des bâtiments en exécution

Nombre de logements 80
Adresse Ancienne verrerie, Carmaux (Tarn)
Maître d'ouvrage «Le Toit carmausin» Carmaux
Architectes Brunerie et Matharel, Albi (Tarn)



PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelles filantes ou isolées béton armé
Ossature	Béton armé
Façades	Panneaux de façade type «Elafer» Extérieur: tôle d'acier nervurée 8/10 mm vide d'air Intérieur: Everit et polystyrène — Épaisseur totale finie: 70 mm
Planchers	Béton armé avec hourdis creux céramique Épaisseur brute: 20 cm
Cloisons intérieures non porteuses	a) Cage escalier et séparation des logements briques creuses de 15 cm, enduit plâtre 2 faces b) Autres cloisons: briques de 5 cm, enduit plâtre 2 faces
Escaliers	Béton armé et granite — rampe acier
Toiture	Pannes en treillis «Macomber» Couverture: bacs «Nervobac» en tôle galvanisée 8/10 mm
Menuiseries extérieures	Châssis acier en profilés
Menuiseries intérieures	Huisseries tôle pliée Portes isoplanes
Revêtements de sol	Linoléum; carrelage dans cuisine, W.C. et salle d'eau
Chauffage	Eau chaude distribuée à partir d'une centrale électrique thermique, radiateurs en fonte
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz



Vue du bâtiment

IMMEUBLES COLLECTIVES

C.E.C.A. — C.I.B.

France

C.D.U. 728.226 (44) : 69.001.5 (100)

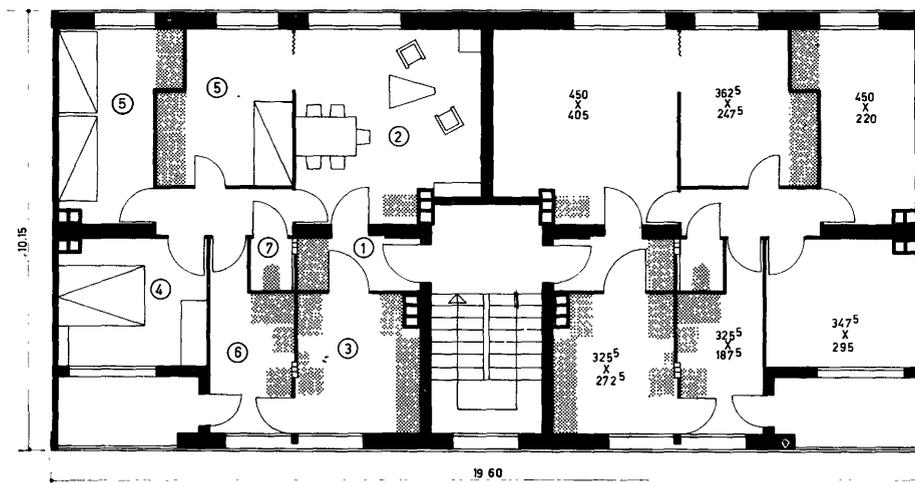
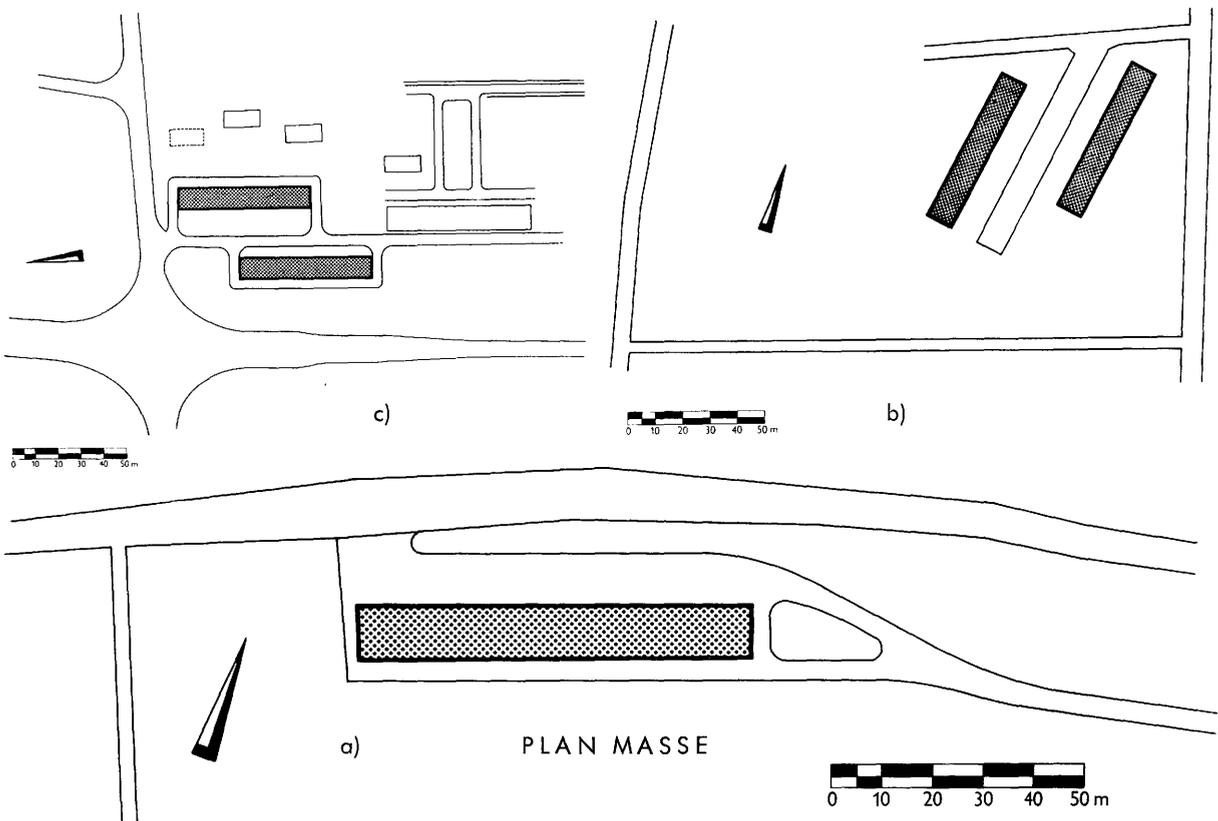
17. Chantier de Longwy

Nombre de logements 96

Adresse
a) Lexy
b) rue Albert-Thomas – Longwy
c) chemin de Piedmont – Longwy

Maître d'ouvrage Société immobilière du bassin de Longwy, Mont-Saint-Martin (Moselle)

Architectes Zimmermann et Corre, Longwy-Bas



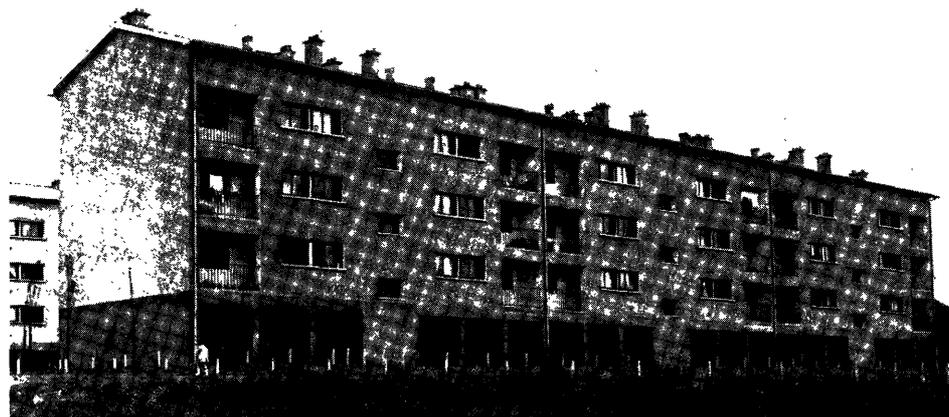
PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	a) Bâtiment Lexy – semelle continue béton b) Bâtiments A. Thomas 1 ^{er} bâtiment: semelle continue béton avec parties armées 2 ^e bâtiment: puits en béton (4 à 6 m de hauteur) et poutres béton armé c) Bâtiments Piedmont 1 ^{er} bâtiment: semelle continue béton 2 ^e bâtiment: semelle continue béton avec parties armées
Murs porteurs (façades et refends)	Béton caverneux à agrégats lourds coulé en coffrages grilles «Isorapid» Épaisseur brute: 22 cm Extérieur: enduit tyrolien Intérieur: enduit plâtre
Planchers Cloisons non porteuses Escaliers Toiture	Poutrelles I.P.N. de 140 mm avec hourdis céramique Briques creuses de 5 cm avec enduit plâtre 2 faces Volées et garde-corps béton armé, revêtement granito Arbalétriers acier I.P.N. de 140 mm reposant sur refends et façades: pente 18 % Pannes bois Couverture: bacs autoportants en tôle d'acier galvanisée et peinte (épaisseur: 8/10)
Menuiseries extérieures Menuiseries intérieures Revêtement de sol	Profilés d'acier – persiennes métalliques Huisseries tôle acier plié – portes isoplanes P.V.C. enduit sur feutre collé sur chape ciment dans les pièces courantes Carrelages 5/5 dans entrée, cuisine, W.C., salle d'eau
Type de chauffage Eau chaude	Chauffage individuel par poêles à charbon Chauffe-eau à gaz

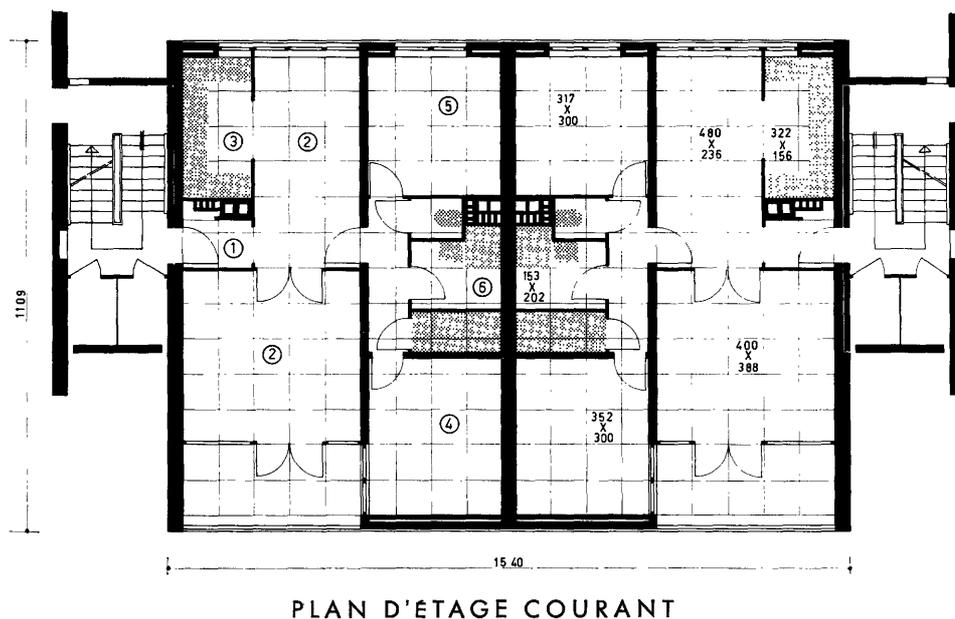
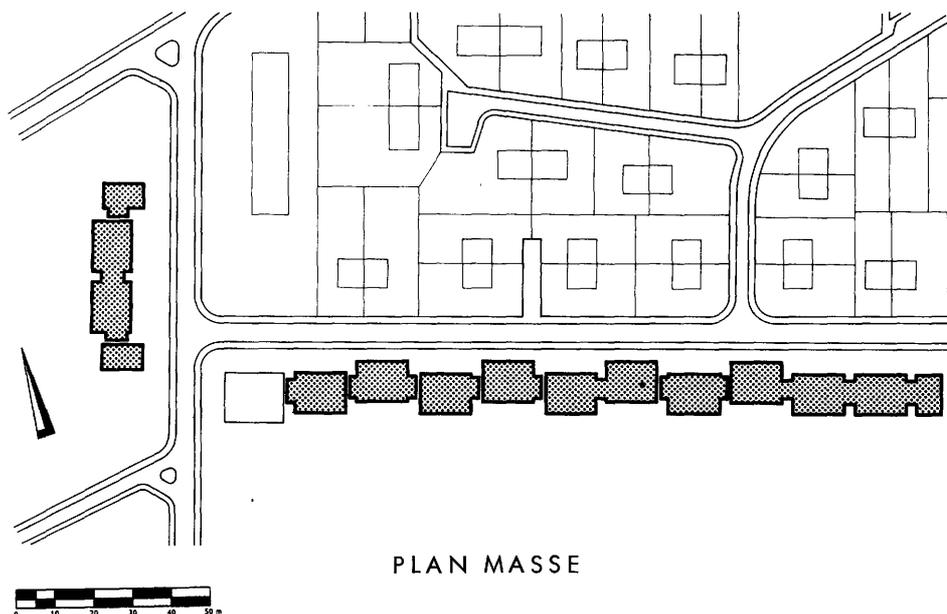


Exécution du béton caverneux



Partie du groupe

Nombre de logements 100
Adresse Lieudit «Konacker», Marspich (Moselle)
Maître d'ouvrage Société civile immobilière du Konacker
Architecte Doignon-Tournier, Metz (Moselle)
Bureau d'études: Cabinet technique lorrain, Metz

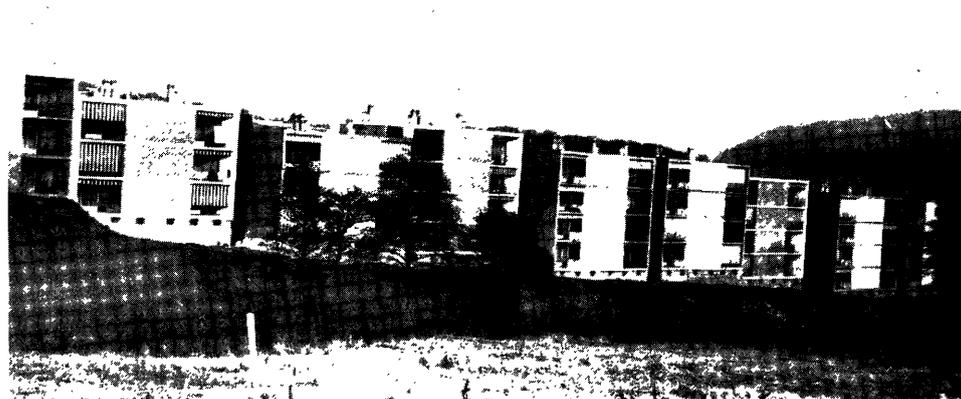


Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelles continues en béton armé
Murs porteurs	a) Murs de façade béton caverneux banché en coffrage grilles (Thermo-rapid), épaisseur brute 25 cm – avec vide d'air et doublage en briques creuses de 5 cm Extérieur: enduit ciment et peinture Intérieur: plâtre b) Murs de refend en béton de 18,75 cm
Planchers	Béton armé avec poutrelles préfabriquées type Davum – D.F.C. – épaisseur brute: 24 cm
Cloisons intérieures non porteuses	Briques de 5 cm enduit plâtre 2 faces
Escaliers	Limon acier, marches préfabriquées en béton armé
Toiture	Toiture terrasse (plancher Davum) Étanchéité multicouche
Menuiseries extérieures	En acier profilé laminé à chaud (U.T.M.M.) – 36 mm – et pièces d'appui (U.T. 20)
Menuiseries intérieures	Huissières acier tôle pliée à froid
Revêtement de sol	Portes Isoplanes Enduction sur feutre Carreaux plastiques dans cuisines, salles d'eau et W.C.
Chauffage	Chauffage central à eau chaude à circulation accélérée: con- vecteurs en plafond «Runtal» dans les séjours, radiateurs en fonte dans les autres pièces
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz

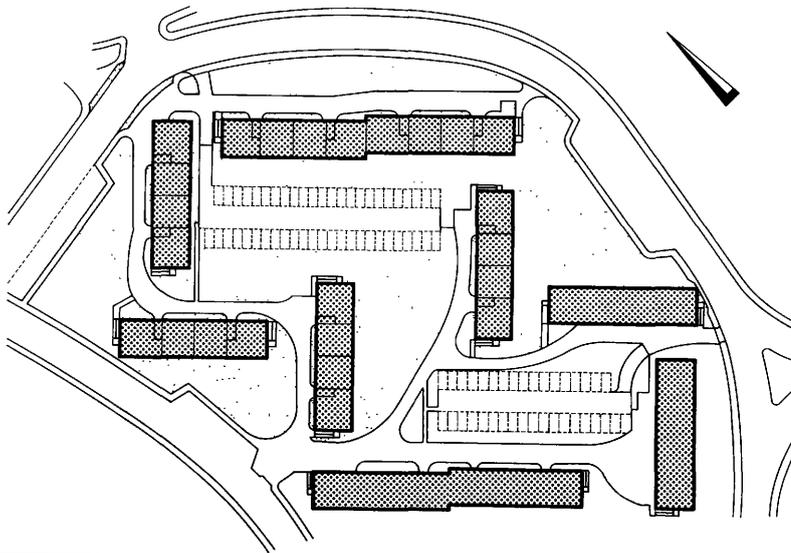


Exécution du béton caverneux

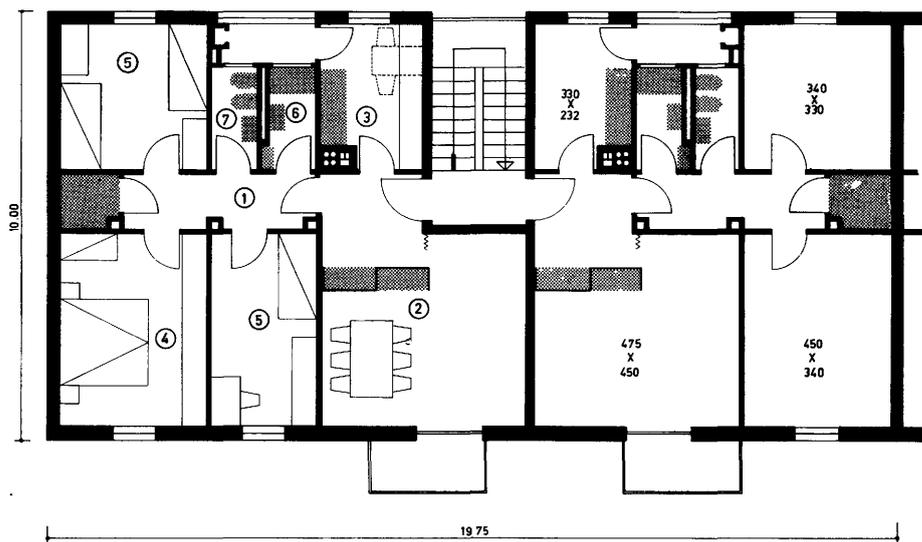


Partie du groupe

Nombre de logements	100
Adresse	Via Alfonso Cossa, 18 Milan-Forlanini
Maître d'ouvrage	Istituto Autonomo per le Case Popolari della Provincia di Milano
Architecte	Bureau d'études et de projets de l'Istituto Case Popolari per la Provincia di Milano



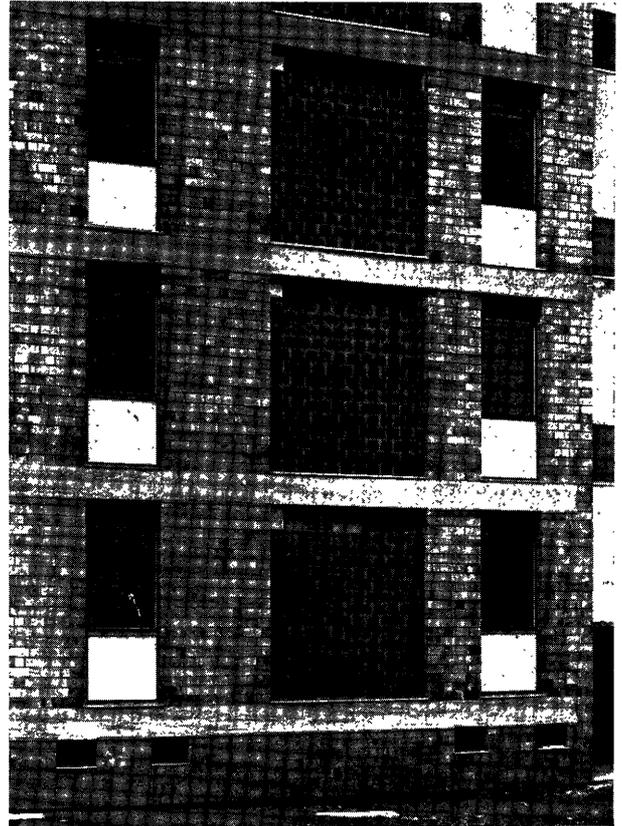
PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelles continues en béton armé
Murs porteurs	Briques perforées apparentes, placées avec perforations verticales (Doppio U.N.I.: 12 x 12 x 25 cm)
Planchers	Poutrelles en béton armé et hourdis céramiques
Cloisons non porteuses	Briques creuses, épaisseur 8 cm (+ 2 cm d'enduit)
Escaliers	Béton armé, coulé en place revêtement marbre
Toiture	Bacs autoporteurs en tôle d'acier («Alusic»)
Menuiseries extérieures	Blocs-fenêtres en tôle d'acier vernissée en usine, livrés tous montés avec volets roulants, vitres, quincaillerie, allège sandwich en «petralit glasal» et «alcalorit» (Le bloc-fenêtre comprend un radiateur en acier)
Menuiseries intérieures	Huisseries en tôle pliée avec équipement électrique incorporé Portes isoplanes
Revêtement de sol	Carreaux asphalt-tiles
Chauffage	Chauffage central d'ilot Panneaux chauffants en acier (en blocs-fenêtres)
Eau chaude	Chauffe-eau à gaz

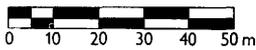
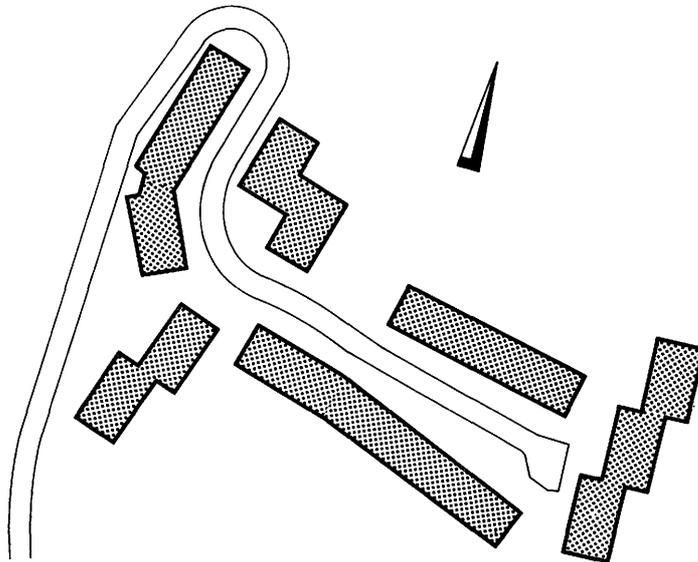


Detail de façade

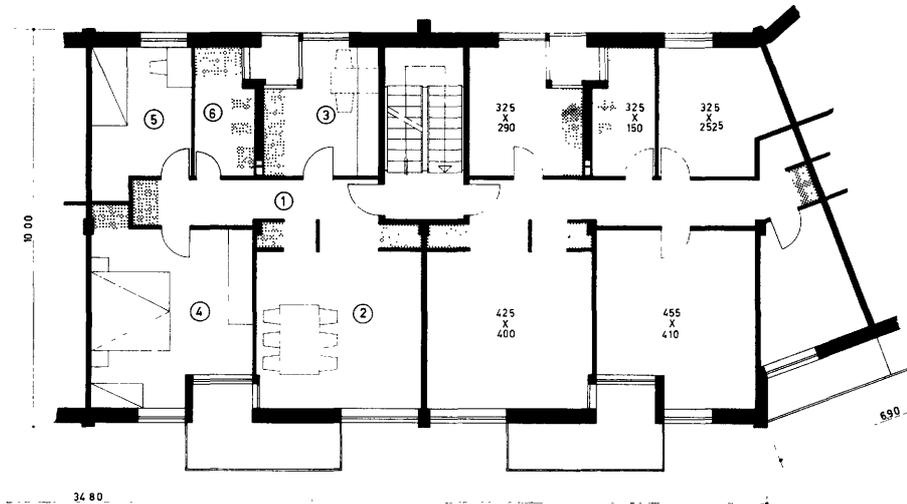


Une partie du groupe

Nombre de logements 100
Adresse Via Branega, Gênes-Prà
Maître d'ouvrage Istituto Autonome per le Case Popolari della Provincia di Genova
Architectes Ing. Zoia Luciano
Arch. Ghilardi Francesco
Arch. Motta Mario



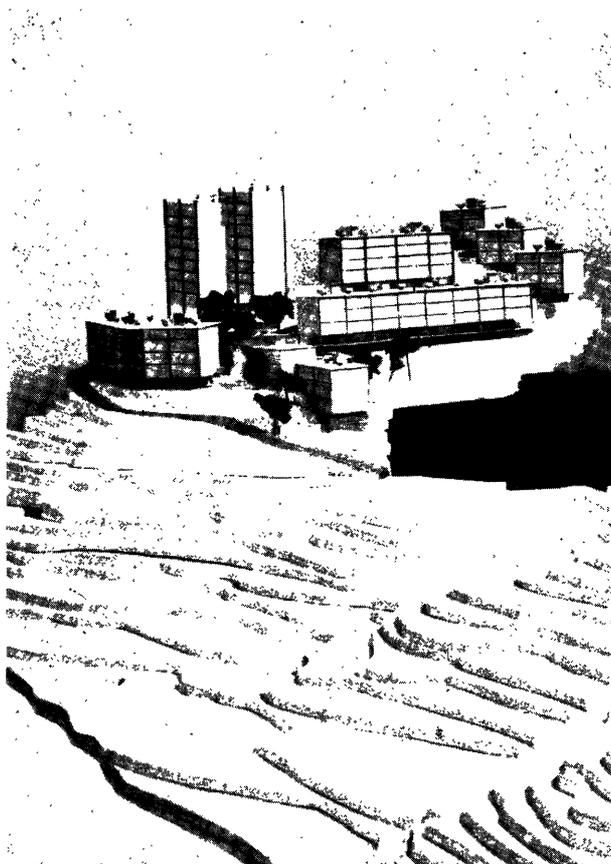
PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Béton armé
Ossature porteuse	Béton armé
Façades	Extérieur: briques pleines (12 cm) Vide d'air Intérieur: briques creuses (8 cm) Épaisseur totale 40 cm
Planchers	Poutrelles préfabriquées en béton armé et hourdis céramiques
Cloisons non porteuses	Briques creuses 8 cm et 2 cm d'enduit
Escaliers	Béton armé avec revêtement en pierre de Trani
Toiture	Toiture-terrace avec isolation thermique Étanchéité multicouche
Menuiseries extérieures	En profilés d'acier
Menuiseries intérieures	Huissieries en tôle pliée Portes isoplanes
Revêtement de sol	Carreaux mosaïques marbre et ciment
Chauffage	Chaufferie centrale au coke

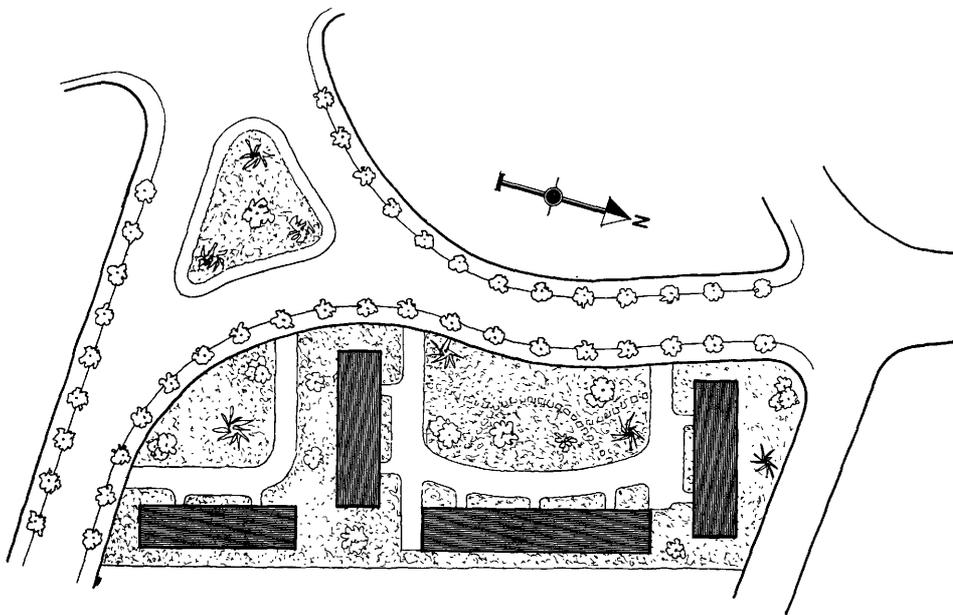


Maquette de l'ensemble

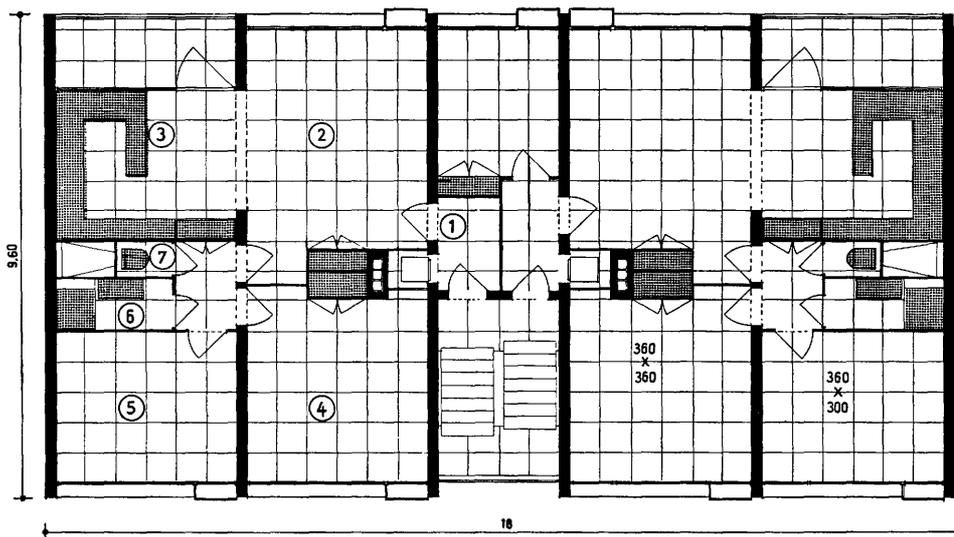


Vue du chantier

Nombre de logements 54
Adresse Esch-sur-Alzette, Grand-duché de Luxembourg
Maître d'ouvrage Ville d'Esch-sur-Alzette
Maître d'œuvre Institut national du logement *Bruxelles* – Belgique



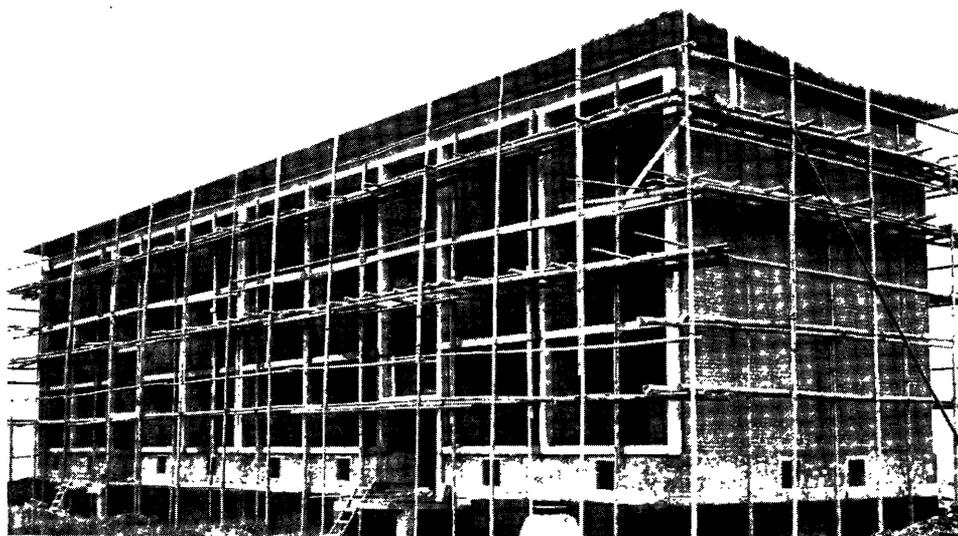
PLAN MASSE



PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Semelle filante en béton
Murs porteurs	a) Sous-sol en maçonnerie de moellons et de blocs en béton de laitier b) Etages en maçonnerie de briques rouges
Façades	Panneaux préfabriqués en bois: a) parties opaques: extérieur amiante-ciment émaillé; en milieu isolant; intérieur amiante ciment non émaillé; isolation thermique intermédiaire b) vitrages doubles
Planchers	Béton armé coulé sur coffrage métallique, lissé mécaniquement
Cloisons non porteuses	En plaques légères Locaux sanitaires et cuisine: revêtement de textile enduit P.V.C. Huisseries, appareillage électrique incorporé
Escaliers	Marches et limon central préfabriqués en béton armé Marches avec granito
Toiture	Toiture-terrasse et corniche en béton armé Etanchéité multicouche sur isolation thermique
Menuiseries extérieures	Portes principales en acier, parties fixes de même composition que les parties fixes du panneau de façade Châssis de cave en bois
Menuiseries intérieures	Huisseries en tôle pliée en murs Huisseries en bois en cloisons Portes isoplanes
Revêtement de sol	Logements: P.V.C.-enduit sur feutre 4 mm collé sur béton
Eau chaude	Chauffe-eau électrique
Chauffage	Chauffage individuel par poêle convecteur en faïence et distribution d'air chaud par gaines

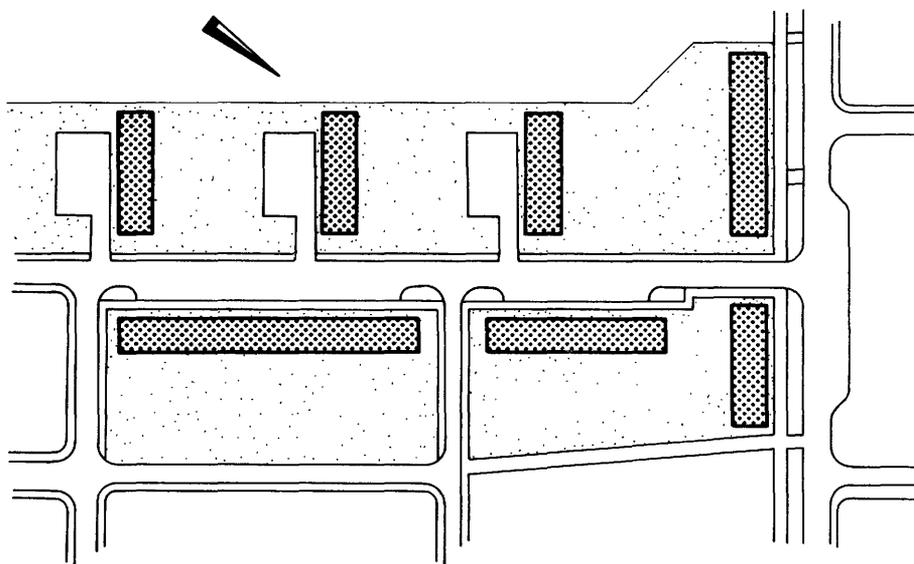


Un des bâtiments en exécution

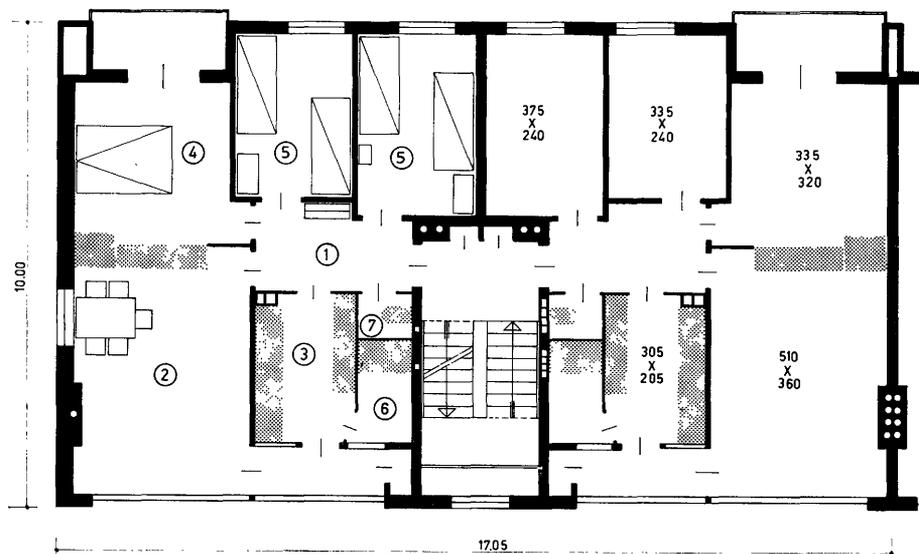


Vue du chantier

Nombre de logements 152
Adresse Heemskerk, Ingen Houszstraat et Bachstraat
Maitre d'ouvrage Koninklijke Nederlandsche Hoogovens en Staalfabrieken NV, IJmuiden
Architecte Division architecture de la Koninklijke Nederlandsche Hoogovens en Staalfabrieken N.V., IJmuiden



PLAN MASSE



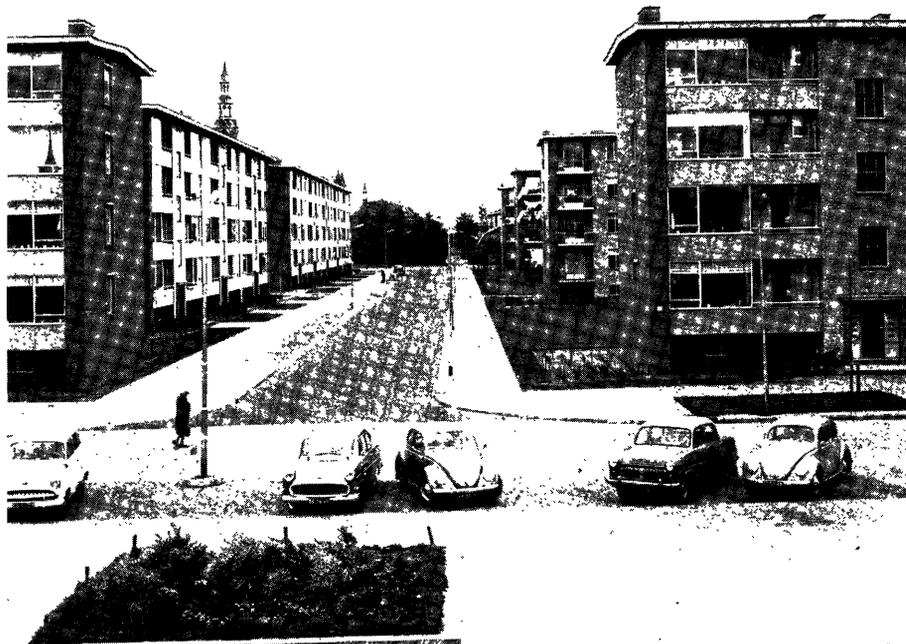
PLAN D'ÉTAGE COURANT

Devis descriptif sommaire

Fondations	Sur pieux en béton armé avec poutres en béton armé
Murs porteurs	En blocs de béton léger
Façades	Extérieur briques Vide d'air Intérieur blocs de béton léger
Planchers	Poutrelles préfabriquées (Omnia) avec hourdis en béton Isolation phonique en laine de roche, chape flottante en béton
Cloisons	En blocs de béton léger
Escaliers	Béton armé, avec faces apparentes et couche d'usure en granito
Toitures	Toiture terrasse comme les planchers, isolation thermique en béton cellulaire Étanchéité multicouche, ardoisée
Menuiseries extérieures	Fenêtres en acier de grandes dimensions
Menuiseries intérieures	Huisseries en acier plié Portes isoplanes (Hublot dans les portes sur palier)
Revêtement de sol	Chape en béton dans toutes les pièces Revêtement non posé
Chauffage	Chauffage central prévu mais non installé
Eau chaude	Par chauffe-eau à gaz



Exécution de la maçonnerie



Ensemble du groupe

2. Description sommaire des procédés de chauffage employés sur les divers chantiers

C.D.U. 697 : 69.001.5 (100)

Allemagne (R.F.)

Chantier 1 – Dortmund

Type de chauffage	Chauffage central – 1 chaudière par immeuble (de 2 cages)
Puissance	Environ 112.000 kcal/h par chaudière
Nature du combustible	Combustibles solides
Distribution	Par eau chaude avec pompe de circulation et radiateurs en acier
Températures de base prises en compte	Chauffage des pièces d'habitation + 20° par – 15° de température extérieure

Chantier 2 – Gelsenkirchen-Buer

Type de chauffage	Raccordement au chauffage urbain
Distribution	Radiateurs en fonte

Chantier 3 – Gladbeck

Type de chauffage	Chauffage central individuel
Nature du combustible	Combustibles solides
Distribution	Chaudière Vulkan pour le chauffage à eau chaude – radiateurs en acier

Chantier 4 – Gelsenkirchen

Type de chauffage	Raccordement au chauffage urbain avec échangeur central de chaleur pour le chauffage à eau chaude
Distribution	Radiateurs en fonte

Chantier 5 – Höngen

Type de chauffage	Chauffage central individuel
Puissance	10.000 à 12.000 kcal/h par logement
Nature du combustible	Coke
Distribution	Chauffage à eau chaude par chaudière Juno de grande puissance, radiateurs en acier

Chantier 6 – Moers

Type de chauffage	Chaufferie centrale pour l'ensemble avec trois chaudières et alimentation automatique
Puissance	800.000 kcal/h maximum par chaudière
Nature du combustible	Fuel mi-lourd (adaptable au charbon)
Distribution	A eau chaude, avec pompes de circulation, radiateur en fonte

Chantier 7 – Essen

Type de chauffage	Chaufferie centrale pour l'ensemble avec deux chaudières en acier, alimentation automatique
Puissance	Totale 540.000 kcal/h
Nature du combustible	Fuel mi-lourd (adaptable au charbon)
Distribution	A eau chaude avec pompes de circulation, éléments chauffants en plaques d'acier

Chantier 8 – Welper

Type de chauffage	Chaufferie centrale pour l'ensemble avec trois chaudières Buderus, alimentation automatique
Puissance	432.000 kcal/h par chaudière
Nature du combustible	Fuel mi-lourd
Distribution	A eau chaude avec pompes de circulation, radiateurs en acier

Chantier 9 – Salzgitter

Type de chauffage	Chaufferie centrale pour l'ensemble avec deux chaudières à tubes d'acier Omega à haute pression
Puissance	1,25 million de kcal/h (puissance nominale)
Nature du combustible	Mazout (adaptable au charbon)
Distribution	Radiateurs en acier

Belgique

Chantier 10 – Cuesmes

Chantier 11 – Marcinelle

Chantier 12 – Beyne-Heusay

Type de chauffage	Chauffage central à eau chaude basse pression alimenté par 5 chaufferies desservant chacune plusieurs immeubles contigus
Puissance	Chacune des chaudières a une puissance minimum de 130.000 kcal/h
Nature du combustible	Le charbon et le fuel-oil, selon les cas. Dans le cas d'emploi de charbon anthraciteux 5/10 une soufflerie est prévue
Distribution	Les corps de chauffe sont constitués par des radiateurs en acier à panneaux

France

Chantier 13 – Florange

Type de chauffage	Chaufferie centrale pour l'ensemble		
Puissance	Deux chaudières. Total: 1.140.000 kcal/h		
Nature du combustible	Charbon		
Distribution	Radiateurs en fonte		
Températures de base prises en compte	Par – 15° extérieur	} salles d'eau séjours chambres	= + 20°
			= + 18°
			= + 16°

Chantier 14 – Cité Emile-Huchet à St-Avold

Type de chauffage	Chaufferie centrale pour l'ensemble		
Puissance	Deux chaudières de 625.000 kcal/h		
Combustible	Charbon		
Distribution	Radiateurs en fonte		
Températures de base prises en compte	Par – 15° extérieur	} salles d'eau séjour et cuisine chambres	= + 20°
			= + 18°
			= + 16°

Chantier 15 – Cité de la Carrière à St-Avold

Type de chauffage Cet ensemble est constitué de huit bâtiments collectifs de trois niveaux d'habitation situés dans l'agglomération de Saint-Avold sur les hauteurs à l'est de la ville.

Il a été prévu de chauffer cet ensemble par un chauffage central classique à radiateurs fonte à eau chaude 90°.

Le groupement de ces immeubles permet d'envisager une source unique de chaleur.

Source de chaleur Il est prévu une chaufferie provisoire constituée de deux chaudières Socomas au coke de 1.200.000 calories/heure chacune.

Ces chaudières situées en bout de la cité ne seront accompagnées que d'un génie civil rudimentaire, car il est prévu qu'elles n'assureront qu'un stade provisoire d'équipement.

Le stade définitif d'équipement sera la création d'une installation de chauffage urbain devant desservir l'ensemble des deux quartiers hauts de Saint-Avold appelés Saint-Avold – Carrière et Venheck.

Chantier 16 – Carmaux

Type de chauffage	A partir de la centrale thermique des Houillères du bassin d'Aquitaine, un transport primaire d'eau surchauffée est réalisé jusqu'à un poste général d'échange situé à environ 50 mètres des bâtiments. Depuis ce poste d'échange, la distribution secondaire et le retour sont assurés pour chaque bâtiment; la température de base prise en compte pour les calculs à l'arrivée dans les bâtiments est de 80°.		
Puissance	La puissance du poste d'échange relative aux 80 logements est de 420.000 kcal/h.		
Nature du combustible	Charbon		
Distribution	Circuits en tube fer noir – radiateurs en fonte		
Températures de base prises en compte	Par – 5° extérieur	} séjours et chambres	= + 18°
		} cuisine	= + 18°
		} salle d'eau	= + 20°

Chantier 17 – Longwy

Type de chauffage	Pas de chauffage central Chauffage individuel au charbon
-------------------	---

Chantier 18 – Konacker

Type de chauffage	Chaufferie centrale pour l'ensemble		
Puissance de la chaufferie	2 chaudières «Dietrich» avec puissance calorifique de 464.400 kcal/h à 516.000 kcal/h		
Combustible	Charbon		
Distribution	Eau chaude accélérée par 2 groupes d'électro-pompes (1 de secours), convecteurs en plafond «Runtal» dans les séjours, radiateurs en fonte dans les autres pièces.		
Températures de base prises en compte	Par – 11° extérieur	} salle d'eau	= + 21°
		} séjour	= + 18°
		} repas cuisine	= + 18°
		} chambre	= + 16°
		} cage escalier	= + 5°

Italie

Chantier 19 – Milan-Forlanini

Type de chauffage	L'ensemble du quartier Forlanini est desservi par une chaufferie centrale qui fournit le chauffage à 76 immeubles (y compris ceux du deuxième programme de constructions expérimentales pour la C.E.C.A.) et à 1.300 boxes de garage.
-------------------	---

Puissance	Les chaudières, au nombre de trois, ont une capacité minimale unitaire de 6.300.000 kcal/h. Le chauffage des immeubles du deuxième programme de constructions expérimentales C.E.C.A. (volume m ³ 5.540 x 6 = 33.240 m ³), nécessite environ 737.000 kcal/h. Les radiateurs installés sont au nombre de 720, pour une surface totale approximative de 2.100 m ² .
Nature du combustible	Mazout
Distribution	A eau chaude (température maximale de l'eau à l'entrée des immeubles 80° C pour une température extérieure minimale de - 5° C), radiateurs du type à panneaux chauffants en acier.

Chantier 20 – Gênes - Prà

Initialement un chauffage central n'était pas prévu. Lors de l'exécution des travaux on a décidé d'installer un chauffage central au coke.

Luxembourg (G. D.)

Chantier 21 – Esch-sur-Alzette

Type de chauffage	Chauffage individuel par poêle convecteur en faïence et distribution d'air chaud par gaine.
-------------------	---

Pays-Bas

Chantier 22 – Heemskerk

Type de chauffage	Chauffage central prévu mais non installé. Chauffage individuel.
-------------------	---

*Chapitre III Examen des offres
des entrepreneurs*

C.D.U. 69.003.23 : 69.001.5 (100)

(Texte original: français)

*de C. Crappe
Institut national du logement
Bruxelles*



Sommaire

	Page
0. Introduction	83
0.1 Cadre de l'étude	83
0.2 But de l'étude	84
0.3 Méthode utilisée	84
0.4 Contenu de l'étude	85
1. Prix du logement	89
1.1 Prix d'ensemble totalisant tous les articles des marchés	89
1.11 Influence des circonstances locales	90
1.12 Influence des latitudes contenues dans les directives de la C.E.C.A.	90
1.13 Influence des dérogations aux directives de la C.E.C.A.	92
1.14 Influences des suppléments aux directives de la C.E.C.A.	93
1.15 Influence des différences de qualité	93
1.2 Prix de l'ensemble des éléments comparables des marchés	94
1.3 Prix de l'ensemble des éléments comparables par m ² habitable	98
2. Prix des éléments fonctionnels	99
2.1 Prix des éléments fonctionnels non comparables	99
2.11 Terrassements et fondations	99
2.12 Infrastructures	100
2.13 Chauffage central	101
2.2 Prix des éléments fonctionnels comparables liés à la surface habitable	101
2.21 Planchers	101
2.22 Parois	102
2.23 Toitures	103
2.3 Prix des éléments fonctionnels comparables indépendants de la surface habitable	104
2.31 Escaliers	104
2.32 Equipement divers	104

	Page
3. Prix pondérés en fonction d'un plan moyen	105
3.1 Plan moyen	105
3.2 Prix des éléments comparables, liés à la surface habitable ou au nombre d'étages .	106
3.21 Planchers	106
3.22 Parois	106
3.23 Toiture	107
3.24 Somme des éléments pondérés	108
3.3 Prix des éléments comparables indépendants de la surface habitable	109
3.4 Prix de l'ensemble des éléments comparables avec pondération en fonction d'un plan moyen	109
3.5 Comparaison entre les prix du logement et les prix des éléments comparables pondérés	111
4. Considérations statistiques	112
4.1 Remarque	112
4.2 Comparaison entre les prix du premier et du second programme expérimental . .	112
5. Conclusions	113

0. Introduction

0.1 Cadre de l'étude

Le deuxième programme expérimental de construction de logements organisé par la C.E.C.A., a prévu qu'une étude approfondie des offres des adjudicataires serait pratiquée à l'effet de contribuer à tirer la leçon de ces travaux dont l'objet était de réaliser, dans l'optique de l'abaissement des prix de revient, des applications pratiques des théories de la normalisation et de la coordination modulaire axées plus particulièrement sur l'emploi d'éléments préfabriqués.

Il y a lieu de se féliciter de la décision prise dès l'origine par le comité des experts de se livrer à cet examen critique et d'avoir fait dresser en conséquence les documents constituant les remises d'offres. Sans cette décision préalable, la comparaison des offres n'aurait pas été possible et l'on n'aurait pu observer les conséquences de l'adoption des techniques nouvelles et l'emploi de nouveaux matériaux sous l'angle du souci de l'abaissement des prix de revient, préoccupation primordiale de toute politique du logement considérée des points de vue économique et social.

En accroissant la productivité, en améliorant la qualité des fabricats tout en diminuant les prix, le progrès technique permet de satisfaire les besoins d'ordre social qui se font jour au rythme de la prise de conscience par les hommes des possibilités qu'il leur offre.

Le bâtiment est un domaine où l'industrialisation rencontre de grandes difficultés à se substituer aux méthodes artisanales. Cette particularité fait peser sur cette activité une grave menace, celle d'une pénurie de main-d'œuvre, les travailleurs étant attirés par les facilités qu'offre le travail en usine. Cette constatation vérifie l'étroite interdépendance des phénomènes économiques et sociaux.

Mais l'objet du présent rapport n'est pas d'analyser les multiples relations existant entre ces deux aspects du problème de la construction. Il était néanmoins souhaitable d'indiquer que l'étude ne pouvait être dissociée du contexte économique-social qui constitue le cadre des problèmes de la construction et que c'est dans cet ordre de préoccupations qu'elle est traitée.

Il était tentant de s'efforcer d'établir si les offres réalisaient un abaissement des prix de revient par rapport aux chantiers traditionnels. Cet objectif n'a pu être poursuivi, pour diverses raisons. Il est clair notamment qu'on ne peut attacher de signification déterminante à la comparaison du coût moyen d'un logement construit suivant les procédés traditionnels et le prix de revient d'un logement dont la construction met en œuvre des matériaux absolument nouveaux ou des procédés inédits.

Certains des chantiers du programme expérimental présentaient ces caractéristiques, par exemple l'ensemble de Florange, en France, employant le procédé «Domofer» qui en était encore pour ainsi dire au stade du prototype. Les prix demandés pour de semblables travaux sont fixés compte tenu d'une part, de l'intérêt d'amortir dans une certaine mesure les dépenses inhérentes aux recherches et, d'autre part, la nécessité de se situer dans une zone de prix compétitifs. En tout état de cause, ils peuvent être sensiblement différents des prix qui seraient pratiqués dans un marché régulier assurant le fonctionnement équilibré des chaînes de fabrication. De plus, les prix sont influencés par les mises au point auxquelles l'expérience acquise au cours de l'utilisation permet de procéder. D'un autre côté, il conviendrait pour établir une comparaison des prix entre des techniques traditionnelles et des techniques d'industrialisation, de mesurer l'intérêt que l'industrialisation présente notamment en assurant à la construction la main-d'œuvre nécessaire alors que tout porte à croire qu'il y aurait pénurie de main-d'œuvre si on restait confiné dans les procédés artisanaux anciens. Il conviendrait aussi de chiffrer ce que peut représenter l'amélioration que connaissent les conditions de travail des divers corps de métier du bâtiment en cas d'industrialisation de celui-ci, de chiffrer également les gains que l'on peut enregistrer en supprimant le chômage dû aux intempéries.

Cela signifie-t-il qu'il n'est pas possible de vérifier si l'objectif de l'abaissement des prix de revient impartit au deuxième programme expérimental de la C.E.C.A. a été ou non atteint?

Il faut considérer à cet égard que la réponse à cette question ne peut être fournie par des comparaisons sèchement mathématiques mais par l'observation de la diversité et de la qualité des solutions nouvelles mises en œuvre. Cette observation n'est pas du ressort de la présente étude dont le propos est d'établir des relations objectives de prix entre les offres.

Il a paru indispensable de développer ces quelques considérations afin de fixer l'éclairage sous lequel il convient de consulter les multiples comparaisons de prix que comporte l'étude qui suit. On constatera que celle-ci se garde bien de tirer des conclusions doctrinales. L'ambition s'est limitée à comparer les offres de manière telle qu'on puisse détecter les tendances et estimer si les techniques et matériaux nouveaux dont les caractéristiques sont décrites dans d'autres chapitres de la publication paraissent promis à une utilisation généralisée.

0.2 But de l'étude

L'étude des offres a pour but d'obtenir des comparaisons valables entre les prix réalisés sur les divers chantiers du deuxième programme expérimental. Elle doit plus spécialement mettre en lumière, selon les «Instructions d'application» de ce programme, les différences pouvant exister dans «les quantités des divers éléments fonctionnels, dans le niveau général des prix d'un chantier ou d'une région déterminée ou dans la nature des matériaux ou procédés employés».

Il s'est toutefois avéré difficile d'établir les «quantités» des divers éléments fonctionnels de chaque chantier et il a paru préférable de s'en tenir à des comparaisons de prix.

On aura cependant atteint le but de l'étude en établissant des comparaisons justifiées entre les prix des divers éléments fonctionnels, en recherchant les causes des différences les plus marquées et en déterminant le niveau général des prix de chaque chantier.

0.3 Méthode utilisée

Le point de départ de l'étude fut un découpage des offres en éléments fonctionnels nécessitant le regroupement de tous les articles des marchés appartenant à la même fonction. Une nomenclature unifiée des postes du mètre récapitulatif a été dressée à cet effet. Elle faisait partie des instructions d'application du deuxième programme.

Comme la plupart des chantiers comportaient plusieurs types de bâtiments et souvent plus d'un type d'appartement par bâtiment, on a établi des moyennes pondérées des prix relevés pour les divers types de bâtiments ou d'appartements de chaque chantier.

Un examen critique fit apparaître que les prix ainsi obtenus n'étaient pas toujours comparables en raison des différences notables existant dans le contenu des offres étudiées.

Il fallut donc chercher à éliminer les éléments fonctionnels susceptibles de fausser les comparaisons et isoler ainsi des ensembles d'éléments fonctionnels comparables.

Le recours à un «plan moyen» pondérateur a permis d'améliorer encore la comparabilité de ces ensembles.

Toutefois, malgré les précautions prises, on n'a pu exclure certaines distorsions provenant par exemple des différences de qualité entre éléments fonctionnels de même nature ou d'un état de parachèvement plus ou moins soigné.

Ainsi les classements auxquels on aboutit – qu'il s'agisse d'offres complètes ou réduites à certains éléments, ou d'éléments fonctionnels isolés – doivent-ils être interprétés avec circonspection.

Cette prudence est d'autant plus nécessaire qu'il n'a pas été possible de tenir compte de l'influence sur les prix, du caractère expérimental très accusé de certaines conceptions alors que d'autres restaient relativement traditionnelles.

Par ailleurs, le fait que le présent rapport contient des analyses comparatives et des confrontations de prix de revient des logements des divers chantiers ne signifie en aucune façon que les coûts des logements étudiés soient représentatifs des prix moyens pratiqués dans chaque région et moins encore dans chaque pays.

En effet, les techniques et matériaux nouveaux mis en œuvre sur de semblables chantiers provoquent inévitablement des variations sensibles dans les offres.

Ainsi qu'on le verra plus loin (n° 1.11) les circonstances locales telles que le climat ou la configuration des terrains ont, elles aussi, joué un rôle dans les écarts de prix constatés.

Enfin, la méthode même de comparaison, qui consiste à ramener les données à une unité de compte⁽¹⁾, provoque des distorsions en raison du fait que la parité monétaire n'est pas nécessairement le reflet exact des rapports existant entre les valeurs effectives des monnaies nationales. Dans certains cas les disparités peuvent se compenser; dans d'autres elles s'additionnent.

0.4 Contenu de l'étude

L'étude porte sur les offres des adjudicataires des 19 chantiers suivants:

Allemagne: Dortmund, Gelsenkirchen-Buer, Gladbeck, Gelsenkirchen-Nattmannsweg, Höngen, Essen, Welper et Salzgitter

Belgique: Cuesmes, Marcinelle et Beyne-Heusay

France: Florange, Saint-Avold, Carmaux, Longwy et Konacker

Italie: Milan et Gênes

Pays-Bas: Heemskerk

Les résultats du découpage des offres en éléments fonctionnels sont consignés dans les tableaux n° 1 et 2 annexés à la présente introduction.

Le tableau 1 exprime en unités de compte les prix des éléments fonctionnels par logement.

Le tableau 2 exprime en unités de compte les prix des éléments fonctionnels par m² habitable.

L'étude proprement dite comporte quatre parties consacrées respectivement:

1. aux prix du logement, totalisant tous les articles des marchés ou réduits à l'ensemble des éléments comparables de ces marchés
2. aux prix des éléments fonctionnels comparables et non comparables
3. aux prix du logement et de ses éléments fonctionnels «pondérés en fonction d'un plan moyen»
4. aux conclusions qu'on peut tirer de cette analyse.

(1) Voir page 23

Tableau 1

Deuxième programme expérimental de la C.E.C.A.

Etude des offres

Prix en unités de compte des éléments fonctionnels par logement

Articles	Chantiers allemands								Ch. belges			Chantiers français				Ch. italiens		Ch. néerl.		
	Dortmund	Gelsenkirchen-Buer	Gladbeck	Gelsenkirchen-Natth.	Höngen	Essen	Welper	Salzgitter	Cuesmes	Marci-nelle	Beyne-Heusay	Flo-range	St-Avold	Car-maux	Longwy	Ko-nacker	Milan	Gènes	Heems-kerk	
Travaux préparatoires	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,5	—	—	—	—	—	—	—	78,0
A.A Terrassements	15,84	119,4	26,83	33,0	40,18	73,9	30,19	28,1	23,0	182,7	43,6	28,3	19,60	28,04	11,1	212,0	47,0	47,5	22,0	
A.B Fondations	63,49	80,6	121,20	67,4	57,52	103,1	83,68	62,1	234,0	219,7	332,5	62,2	69,00	85,01	110,4	267,0	154,5	146,9	262,5	
A.C Murs infrastructure	18,75	193,0	149,40	137,6	150,67	180,3	218,11	200,0	314,0	340,7	311,1	195,5	297,45	350,7	322,6	668,6	125,5	83,8	546,0	
A.D Escalier infrastructure	—	34,6	26,12	—	36,41	13,8	—	15,8	56,5	101,4	55,1	23,5	10,00	52,1	36,7	22,0	17,0	25,7	3,5	
A.E Egouts	53,97	36,0	37,69	30,6	88,62	46,0	27,06	20,5	46,3	51,5	46,4	18,5	27,49	10,3	164,7	1,0	38,0	61,4	23,5	
A.F Parachèvement infrastruct.	133,48	29,2	29,67	31,2	18,49	166,0	63,61	39,5	175,7	139,7	48,6	43,0	193,46	203,3	152,6	48,4	76,5	115,0	30,5	
A.G Aménagement infrastruct.	42,29	58,1	61,47	18,5	62,78	63,3	52,30	28,4	287,3	289,6	328,5	73,7	154,98	80,9	206,3	103,7	88,0	313,8	79,0	
A.H Etanchéité infrastructure	15,75	16,8	11,20	11,8	12,50	14,9	25,41	5,7	43,4	28,2	19,0	—	—	—	—	2,4	—	12,4	—	
Total infrastructure	343,57	567,8	463,58	330,1	467,17	661,0	500,36	400,1	1180,5	1353,3	1184,9	452,1	771,98	810,9	1004,4	1325,2	547,0	806,5	1044,5	
B.A Planchers	930,34	973,0	1066,69	1006,6	958,25	1369,66	819,41	912,7	607,0	555,2	568,1	1254,7	1053,21	998,6	1287,2	950,2	654,0	596,6	602,0	
B.B Parois extérieures	1202,77	1228,8	904,12	891,3	823,66	1095,56	913,86	718,3	1525,9	1487,9	1635,3	1627,3	1110,68	903,3	1087,3	1789,6	1353,0	987,5	1260,0	
B.C Parois intérieures	492,35	510,2	586,99	428,6	454,48	565,87	524,00	404,2	334,4	321,4	376,2	1003,1	711,94	542,0	700,5	440,0	262,5	315,0	284,0	
B.D Volées d'escalier	60,97	138,4	107,23	216,6	108,63	72,36	253,71	126,4	55,1	59,1	61,7	138,7	82,95	210,0	98,2	77,3	77,0	121,5	122,5	
B.E Achèvem. murs d'appart.	166,79	318,0	404,0	294,8	268,60	445,62	453,86	336,4	231,6	139,4	232,7	188,2	384,68	248,8	341,3	312,5	252,0	320,8	182,5	
B.F Achèvem. parties communes	503,20	—	—	—	—	—	—	—	10,1	38,7	14,4	30,6	80,83	110,5	74,8	133,7	47,5	33,7	19,5	
Total superstructure	3356,42	3168,4	3069,3	2837,9	2613,62	3549,19	2964,85	2498,0	2764,2	2601,7	2888,4	4242,6	3424,29	3013,2	3589,3	3703,5	2646,0	2375,1	2470,5	
C Total toiture	260,66	216,1	210,46	221,1	220,52	263,9	280,96	343,3	426,6	438,5	477,2	440,3	472,05	317,4	493,4	400,5	318,0	458,8	247,5	
D Cheminées	110,69	46,0	84,54	59,1	48,96	82,0	76,33	46,0	147,3	132,6	127,6	248,4	167,78	245,2	270,5	217,5	62,0	34,8	91,0	
E Rangement	422,5	148,4	58,97	38,0	—	59,2	111,57	75,7	276,5	276,5	276,5	—	—	162,5	64,4	—	—	—	248,0	
F Equipement général	637,4	708,4	438,50	175,3	579,55	883,9	741,64	540,5	1037,0	985,1	1061,8	904,5	230,07	348,4	530,6	726,0	722,5	192,1	321,0	
G Appareils de cuisine	66,89	65,0	94,76	86,5	76,90	101,9	3,43	60,5	223,4	223,4	223,4	29,3	104,11	80,0	80,9	59,8	33,5	44,1	67,0	
H Appareils de toilette	75,71	75,0	81,19	77,7	90,53	73,8	86,34	56,0	158,9	158,9	158,9	133,2	119,43	132,9	113,5	106,0	83,5	113,8	124,0	
Total équipement	1313,19	1042,9	757,96	436,6	795,94	1200,8	1019,30	778,8	1843,1	1776,5	1848,2	1315,3	621,39	969,0	1059,8	1109,3	1281,5	384,8	851,0	
Total général	5274,10	4995,2	4501,30	3825,7	4097,24	5675,0	4765,48	4020,2	6214,4	6170,0	6398,7	6450,3	5299,71	5110,5	6145,9	6538,5	4412,5	4025,3	4613,5	

Tableau 2
Deuxième programme expérimental de la C.E.C.A.
Etude des offres

Prix en unités de compte des éléments fonctionnels par m² habitable

Articles	Chantiers allemands							Ch. belges			Chantiers français				Ch. italiens		Ch. néerl.		
	Dort-mund	Gelsen-kirchen-Buer	Glad-beck	Gelsen-kirchen Natm.	Höngen	Essen	Welper	Salz-gitter	Cues-mes	Marci-nelle	Beyne-Heusay	Flo-range	St-Avold	Car-maux	Longwy	Ko-nacker	Milan	Gènes	Heems-kerk
Travaux préparatoires	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,11	—	—	—	—	—	—	1,27
A.A Terrassements	0,25	1,71	0,41	0,47	0,67	1,06	0,47	0,45	0,4	2,84	0,67	0,42	0,29	0,47	0,16	3,36	0,60	0,70	0,35
A.B Fondations	1,02	1,16	1,87	0,97	0,96	1,47	1,31	1,—	3,6	3,41	5,16	0,93	1,02	1,39	1,57	4,23	3,—	2,16	4,27
A.C Murs infrastructure	0,30	2,77	2,31	1,97	2,52	2,58	3,41	3,2	4,87	5,29	4,83	2,92	4,4	5,75	4,58	10,59	1,60	1,21	8,87
A.D Escalier infrastructure	—	0,50	0,40	—	0,61	0,20	—	0,25	0,88	1,57	0,86	0,35	0,14	0,85	0,52	0,35	0,2	0,38	0,06
A.E Egouts	0,87	0,52	0,58	0,44	1,49	0,66	0,42	0,33	0,72	0,8	0,73	0,28	0,41	0,17	2,34	0,01	0,5	0,91	0,38
A.F Parachèvement infrastruct.	2,14	0,42	0,46	0,44	0,31	2,37	0,99	0,63	2,73	2,17	0,75	0,64	2,98	3,33	2,16	0,77	1,—	1,71	0,49
A.G Aménagement infrastruct.	0,68	0,83	0,95	0,27	1,05	0,90	0,82	0,46	4,46	4,49	5,10	1,10	2,30	1,33	3,93	1,64	1,10	4,66	1,29
A.H Etanchéité infrastructure	0,25	0,24	0,17	0,17	0,21	0,21	0,40	0,10	0,67	0,44	0,29	—	—	—	—	0,04	—	0,18	—
Total infrastructure	5,51	8,15	7,16	4,73	7,22	9,45	7,82	6,43	18,33	21,07	18,48	6,75	11,55	13,29	15,25	20,99	8,—	11,96	16,98
B.A Planchers	14,91	13,96	16,47	14,3	16,05	19,59	12,80	14,70	9,42	8,62	8,82	18,73	15,65	16,37	18,26	15,10	8,4	8,85	9,79
B.B Parois extérieures	19,26	17,63	13,96	12,8	13,8	15,67	14,28	11,6	23,69	23,10	25,39	21,29	16,50	14,81	15,42	28,39	17,4	14,65	20,49
B.C Parois intérieures	7,89	7,32	9,06	6,1	7,61	8,09	8,19	6,5	5,19	4,99	5,84	14,97	10,50	8,89	9,94	6,97	3,4	4,67	4,62
B.D Volées d'escalier	0,98	1,99	1,66	3,1	1,82	1,03	3,96	2,—	0,86	0,92	0,96	2,07	1,23	3,44	1,39	1,22	1,—	1,80	1,99
B.E Achèvem. murs d'appart.	2,67	4,56	6,84	4,2	4,5	6,37	7,09	5,4	3,60	2,16	3,61	2,81	5,72	4,08	4,84	4,95	3,2	4,71	2,97
B.F Achèvem. parties communes	8,06	—	—	—	—	—	—	—	0,16	0,60	0,22	0,46	1,20	1,81	1,06	2,12	0,6	0,50	0,32
Total superstructure	53,79	45,46	47,39	40,5	43,78	50,75	46,32	40,2	42,92	40,40	44,85	63,32	50,89	49,40	50,91	58,66	34,—	35,20	40,18
C Total toiture	4,18	3,10	3,25	3,18	3,69	3,78	4,39	5,5	6,62	6,81	7,41	6,57	7,02	5,20	7,—	6,34	4,15	6,81	4,02
D Cheminées	1,77	0,66	1,3	0,85	0,82	1,17	1,19	0,74	2,29	2,06	1,98	3,71	2,5	4,02	3,84	3,44	0,8	0,52	1,48
E Rangement	6,77	2,13	0,91	0,55	—	0,85	1,74	1,20	4,29	4,29	4,29	—	—	2,66	0,91	—	—	—	4,04
F Équipement général	10,21	10,17	6,77	2,53	9,71	12,69	11,59	8,7	16,10	15,30	16,49	13,5	3,42	5,71	7,52	11,50	9,3	2,85	5,22
G Appareils de cuisine	1,07	0,93	1,46	1,25	1,29	1,46	0,05	1,—	3,47	3,47	3,47	0,44	1,55	1,31	1,15	0,95	0,4	0,65	1,09
H Appareils de toilette	1,21	1,08	1,25	1,12	1,52	1,05	1,33	0,9	2,47	2,47	2,47	1,99	1,77	2,18	1,61	1,68	1,1	1,69	2,01
Total équipement	21,04	14,97	11,69	6,3	13,33	17,22	15,92	12,51	28,62	27,58	28,66	19,63	9,24	15,88	15,03	17,60	11,6	12,52	13,84
Total général	84,52	71,60	69,50	55,2	68,62	81,15	71,46	64,67	96,50	95,81	99,36	96,27	78,70	83,77	88,19	103,56	57,7	59,72	75,02

1. Prix du logement

Les prix des logements seront présentés sous trois formes:

1. Les prix d'ensemble, totalisant tous les articles des marchés
2. Les prix de l'ensemble des éléments comparables des marchés
3. Les prix de l'ensemble des éléments comparables, ramenés à la surface habitable des logements

1.1 Prix d'ensemble totalisant tous les articles des marchés

Ces prix, figurant au bas du tableau 1, sont les suivants:

Chantiers allemands

N° 1	- Dortmund	5 274,1 u.c. ⁽¹⁾
N° 2	- Gelsenkirchen-Buer	4 995,2 u.c.
N° 3	- Gladbeck	4 501,3 u.c.
N° 4	- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	3 825,7 u.c.
N° 5	- Höngen	4 097,2 u.c.
N° 7	- Essen	5 675,0 u.c.
N° 8	- Welper	4 765,5 u.c.
N° 9	- Salzgitter	4 020,2 u.c.

Chantiers belges

N° 10	- Cuesmes	6 214,4 u.c.
N° 11	- Marcinelle	6 170,0 u.c.
N° 12	- Beyne-Heusay	6 398,7 u.c.

Chantiers français

N° 13	- Florange	6 450,3 u.c.
N° 14/15	- St-Avold	5 299,7 u.c.
N° 16	- Carmaux	5 110,5 u.c.
N° 17	- Longwy	6 145,9 u.c.
N° 18	- Konacker	6 538,5 u.c.

Chantiers italiens

N° 19	- Milan	4 412,5 u.c.
N° 20	- Gênes	4 025,3 u.c.

Chantier néerlandais

N° 22	- Heemskerk	4 613,5 u.c.
-------	-----------------------	--------------

La figure 1 traduit graphiquement la situation. Mais il serait téméraire de tirer des conclusions immédiates de l'examen de ces prix, car ils représentent des marchés dont les contenus sont souvent assez différents.

⁽¹⁾ U.c., abréviation de «unité de compte» (voir page 23)

Les causes de ces différences peuvent être groupées en cinq catégories:

- 1) Les circonstances locales, telles que le climat et la nature du terrain de fondation.
- 2) Les latitudes laissées aux auteurs de projets par les directives de la C.E.C.A.
- 3) Les dérogations aux directives de la C.E.C.A.
- 4) Les suppléments aux exigences des directives de la C.E.C.A.
- 5) Les différences de qualité dans la conception et l'exécution d'éléments fonctionnels identiques.

1.11 Influence des circonstances locales

a) Climat

On peut admettre que les conditions climatiques ne sont pas très différentes en Allemagne (Nord-Ouest), en Belgique, en France (Nord-Est) et aux Pays-Bas. Par contre, l'Italie jouit d'un climat nettement plus chaud.

L'isolation thermique et les installations de chauffage seront donc normalement plus poussées dans les immeubles des pays du Nord. Cette circonstance suffit pour expliquer, par exemple, l'adoption d'infrastructures ouvertes dans les logements de Gênes.

b) Terrain de fondation

La configuration et la nature du terrain choisi pour l'édification des immeubles ont une répercussion sensible sur le coût des terrassements et des fondations.

Si la plupart des terrains sont à peu près horizontaux, d'autres sont nettement en pente, comme au Konacker et surtout à Gênes.

Si certains immeubles sont édifiés sur un sol très résistant il en est d'autres qui sont situés sur un terrain médiocre ou franchement mauvais.

Ainsi les immeubles hollandais ont-ils été fondés sur pieux et les fondations des immeubles belges sont-elles conçues en fonction d'affaissements miniers importants.

1.12 Influence des latitudes contenues dans les directives de la C. E. C. A.

Le second programme n'a pas imposé un type d'immeuble à réaliser identiquement sur chaque chantier, mais seulement un certain nombre d'exigences formulées dans les «Directives». (Voir annexe 1, page 367)

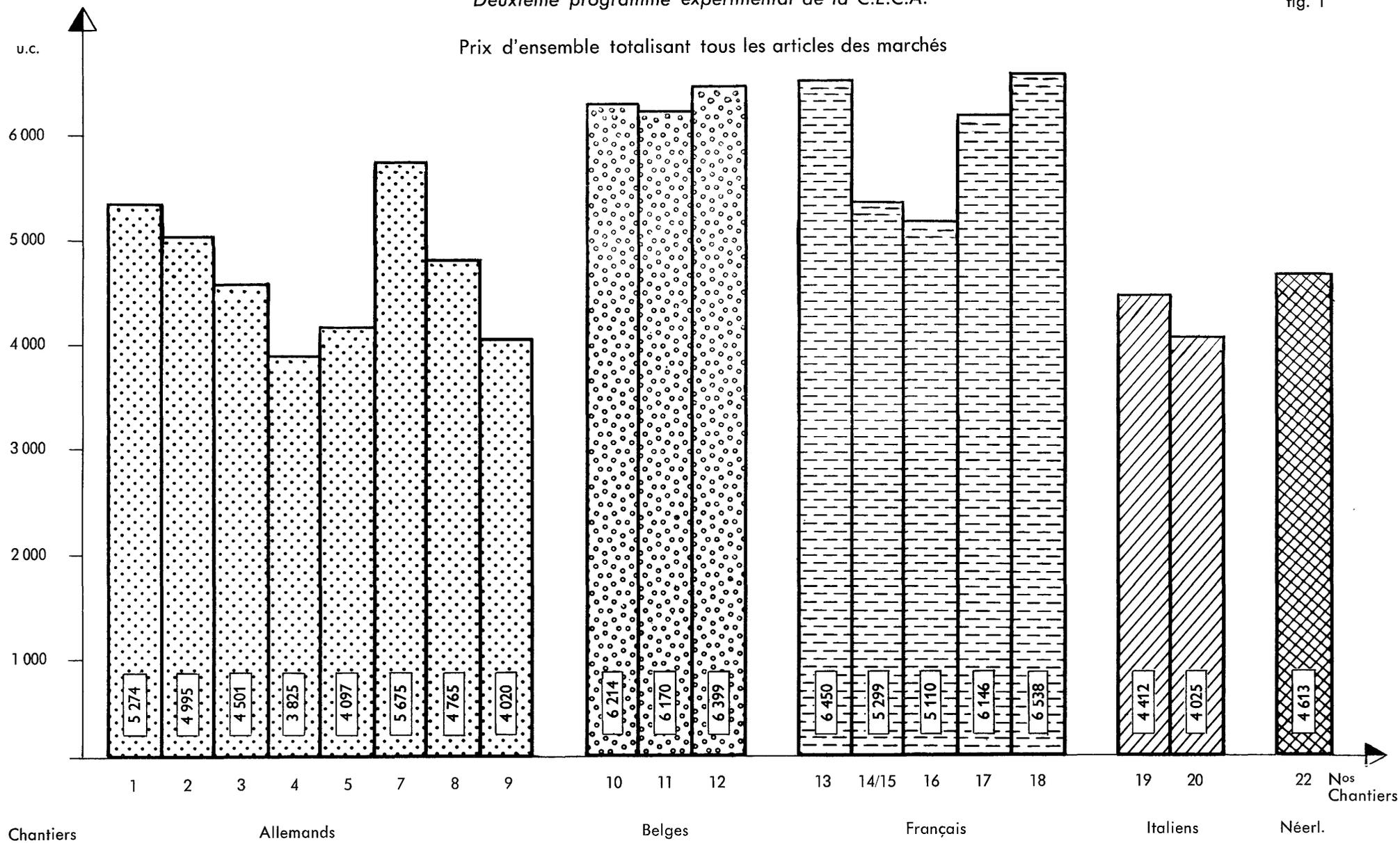
Celles-ci laissent aux auteurs de projets des latitudes assez grandes en ce qui concerne notamment:

- 1) la surface habitable: celle-ci devant se situer entre 51 et 75 m² (soit un écart de 37 %).
- 2) le nombre de pièces principales: celui-ci étant de 3 ou de 4 par logement.
- 3) le nombre de niveaux de la superstructure: celui-ci étant également de 3 ou de 4.
- 4) la conception de l'infrastructure: sous-sol partiel ou total, affectations diverses . . .

Deuxième programme expérimental de la C.E.C.A.

fig. 1

Prix d'ensemble totalisant tous les articles des marchés



1.13 Influence des dérogations aux directives de la C. E. C. A.

Certaines exigences des directives C.E.C.A. n'ont pas été satisfaites sur tous les chantiers.

a) *Chauffage central – (prévu à l'art. 2.5)*

Celui-ci ne figure pas dans les prix des offres de 5 chantiers

- Gelsenkirchen-Nattmannsweg
- St-Avoid
- Carmaux
- Gênes
- Heemskerk

b) *Alimentation en eau chaude des cuisines – (prévue à l'art 2.32)*

Les immeubles des six chantiers suivants en sont dépourvus:

- Gelsenkirchen-Buer
- Gladbeck
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg
- Welper
- Milan
- Gênes

c) *Volumes de rangement – (prévus aux art. 1.85 et 2.33)*

Ceux-ci sont absents dans les marchés des six chantiers suivants:

- Höngen
- Florange
- St-Avoid
- Konacker
- Milan
- Gênes

d) *Planchers à solives ou profilés spéciaux en acier – (prévus à l'art. 5 du chap. B)*

Six chantiers ont adopté des planchers conformes aux directives de la C.E.C.A.

- Dortmund
- Florange
- St-Avoid
- Longwy
- Konacker
- Heemskerk

On trouve, dans trois chantiers, des planchers en maçonnerie creuse armée:

- Carmaux
- Milan
- Gênes

Enfin, le plus grand nombre de logements ont des planchers en béton armé:

- | | |
|------------------------------|----------------|
| - Gelsenkirchen-Buer | - Welper |
| - Gladbeck | - Salzgitter |
| - Gelsenkirchen-Nattmannsweg | - Cuesmes |
| - Höngen | - Marcinelle |
| - Essen | - Beyne-Heusay |

e) Divers

D'autres articles peuvent ne pas figurer dans certaines offres pour des raisons inconnues. Signalons par exemple:

- 1) L'absence de l'évacuation des eaux usées (article F.D.) à Gelsenkirchen-Buer
- 2) L'absence de l'équipement en gaz (F.E.) aux chantiers:
 - Gelsenkirchen-Buer
 - Gladbeck
 - Höngen
- 3) L'absence d'escalier d'infrastructure dans les marchés:
 - Dortmund
 - Gelsenkirchen-Nattmannsweg
 - Welper

1.14 Influence des suppléments aux directives de la C.E.C.A.

Il s'agit essentiellement d'équipements qui n'étaient pas exigés par les directives C.E.C.A., comme les vide-ordures, les appareils de cuisson et les appareils frigorifiques.

a) Vide-ordures

Un vide-ordures a été prévu sur sept chantiers:

- Dortmund
- Cuesmes
- Marcinelle
- Beyne-Heusay
- St-Avold
- Carmaux
- Milan

b) Appareils de cuisson

Les logements de dix chantiers possèdent un appareil de cuisson:

- | | |
|------------------------------|----------------|
| - Dortmund | - Salzgitter |
| - Gelsenkirchen-Buer | - Cuesmes |
| - Gladbeck | - Marcinelle |
| - Gelsenkirchen-Nattmannsweg | - Beyne-Heusay |
| - Höngen | - Konacker |

c) Appareils frigorifiques

Seuls les logements des trois chantiers belges sont pourvus de cet équipement.

1.15 Influence des différences de qualité

Des éléments fonctionnels de même nature peuvent évidemment être conçus et exécutés d'une façon plus ou moins parfaite, durable, luxueuse . . .

Ainsi, l'isolation thermique et acoustique des planchers et des parois peut-elle être plus ou moins poussée.

De même l'aspect extérieur et intérieur des logements peut être plus ou moins soigné, le parachèvement peut être plus ou moins complet.

Enfin, les équipements peuvent avoir des qualités, des capacités, des rendements très variés.

1.2 Prix de l'ensemble des éléments comparables des marchés

L'analyse faite au paragraphe 1.1 a montré tous les facteurs qu'il est souhaitable d'éliminer si on veut obtenir une comparaison valable entre les offres.

Il est cependant certain qu'on ne pourra pas faire intervenir les différences de qualité signalées en 1.15, les critères d'appréciation faisant défaut.

Par contre, on pourra chercher à tenir compte des latitudes laissées par les directives de la C.E.C.A. et décrites au par. 1.12 dans la «pondération en fonction d'un plan moyen» qui fait l'objet du titre 3.

Il reste donc encore à exclure de la comparaison, les postes influencés par les circonstances locales, ceux qui ne sont pas toujours conformes aux directives de la C.E.C.A. et enfin, ceux qui sont au-delà des exigences de ces directives. Il s'agit des postes suivants:

- | | |
|----------------------|---|
| 1. Terrassements | 5. Alimentation eau chaude |
| 2. Fondations | 6. Volumes de rangement |
| 3. Infrastructure | 7. Vide-ordures |
| 4. Chauffage central | 8. Appareils de cuisson et appareils frigorifiques. |

Les offres, dépouillées de ces huit articles, fourniront les prix des éléments comparables des marchés.

Le tableau n° 3 donne la valeur des postes 1 à 8, dans les différents marchés où ils figurent, la somme de ces postes et ce qui reste du prix total lorsqu'on les en défalque.

Pour les chantiers belges toutefois, il faut tenir compte du fait que les 119 appartements, de chaque chantier comprennent 102 appartements en superstructure et 17 appartements en infrastructure.

En éliminant l'infrastructure de la comparaison, on élimine, en même temps, 17 appartements.

Les prix des éléments de la superstructure figurant au tableau n° 1 étant répartis sur 119 appartements, devront donc être multipliés par:

$$\frac{119}{102} = 1,165$$

Il en résulte les valeurs suivantes en unités de compte:

	Cuesmes	Marcinelle	Beyne-Heusay
BA: Planchers	707	647	662
BB: Parois extérieures	1 780	1 730	1 905
BC: Parois intérieures	390	374	439
BD: Vol. d'escaliers	64	69	72
BE: Achèvement murs	270	162,5	271
BF: Achèvement parties communes	12	45	17
Total superstructure	3 223	3 027,5	3 366
Supplément	459	426	477,5
Prix total du logement de la superstructure	6 673,5	6 596,0	6 876,0

Tableau 3

Deuxième programme expérimental de la C.E.C.A.

Etude des offres

Prix en unités de compte de l'ensemble des éléments comparables par logement

Articles	Chantiers allemands								Ch. belges			Chantiers français				Ch. italiens		Ch. néerl.	
	Dortmund	Gelsenkirchen-Buer	Gladbeck	Gelsenkirchen-Nahtm.	Höngen	Essen	Welper	Salzgitter	Cuesmes	Marcinelle	Beyne-Heusay	Flo-range	St-Avold	Car-maux	Longwy	Ko-nacker	Milan	Gênes	Heems-kerk
1 Terrassements	15,8	119,4	26,8	33,0	40,2	73,9	30,20	28,1	23,0	182,7	43,6	35,8	19,60	28,04	11,1	212,0	47,0	47,5	100,0
2 Fondations	63,5	80,6	121,2	67,4	57,5	103,1	83,70	62,1	234,0	219,7	332,5	62,2	69,00	85,10	110,4	267,0	154,5	146,9	262,5
3 Infrastructure	264,3	367,8	315,6	229,7	369,5	484,0	386,46	310,0	923,5	950,9	808,8	354,1	683,38	697,40	882,9	846,0	345,5	612,1	682,0
4 Chauff. central	267,0	470,0	242,7	—	376,2	602,0	464,00	347,0	590,0	590,0	590,0	665,0	—	—	164,0	363,5	392,0	—	—
5 Alim. eau chaude	38,5	—	—	—	18,9	37,0	—	9,5	51,0	51,0	51,0	48,0	6,00	54,80	47,4	82,1	—	—	24,2
6 Vol. de rangement	422,5	148,5	59,0	38,0	—	59,2	111,60	75,7	276,5	276,5	276,5	—	—	162,50	64,4	—	389,0	—	248,0
7 Vide-ordures	77,2	—	—	—	—	—	—	—	33,3	33,3	33,3	—	49,50	70,70	—	—	28,3	—	—
8 Ap. de cuisson et frigorifique	66,9	6,2	94,7	86,5	76,9	57,2	3,40	30,0	149,0	149,0	149,0	29,3	164,00	80,00	80,9	59,8	33,5	44,1	67,0
Total des éléments non comparables	1215,7	1192,5	860,0	454,5	939,2	1416,7	1079,36	862,4	2280,3	2453,1	2284,7	1193,3	991,48	1178,90	1361,1	1830,6	1389,8	850,6	1383,7
Total général (v. tableau 1)	5274,1	5075,0*	4536,3*	3825,7	4132,2*	5675,0	4765,50	4020,2	6673,5*	6596,0*	6876,0*	6450,3	5299,70	5110,50	6145,9	6538,5	4412,5	4025,3	4613,5
Total des éléments comparables	4058,4	3882,5	3676,3	3371,2	3158,0	4258,3	3686,14	3157,8	4393,2	4142,9	4591,3	5256,0	4308,20	3931,60	4784,8	4707,9	3022,7	3174,7	3229,8

*) Voir justification de ces chiffres, non repris au tableau 1, au § 1.2

Enfin, pour les offres allemandes dépourvues des équipements FD (évacuation des eaux usées) ou FE (gaz), on a ajouté la valeur moyenne attribuée à ces équipements dans les autres offres allemandes, soit respectivement: 45 et 35 unités de compte par logement.

Le prix total indiqué dans le tableau 3 pour les chantiers n° 2-3 et 5 s'établit donc comme suit:

2. Gelsenkirchen-Buer	4 995	+	45	+	35	=	5 075	u.c.
3. Gladbeck	4 501,3	+	35	=			4 536	u.c.
5. Höngen	4 097,2	+	35	=			4 132,2	u.c.

Le classement des offres réduites aux seuls éléments comparables est donc le suivant:

19. Milan	3 022,7	u.c.	(100,0)
9. Salzgitter	3 157,8	u.c.	(104,5)
5. Höngen	3 158,0	u.c.	(104,5)
20. Gênes	3 174,7	u.c.	(105,0)
22. Heemskerk	3 229,8	u.c.	(106,5)
4. Gelsenkirchen-Nattmannsweg	3 371,2	u.c.	(111,5)
3. Gladbeck	3 676,3	u.c.	(121,5)
8. Welper	3 686,14	u.c.	(129,0)
2. Gelsenkirchen-Buer	3 882,5	u.c.	(128,5)
16. Carmaux	3 931,6	u.c.	(130,0)
1. Dortmund	4 058,0	u.c.	(134,0)
11. Marcinelle	4 142,9	u.c.	(136,5)
7. Essen	4 258,3	u.c.	(141,0)
14/15. St-Avoid	4 308,2	u.c.	(142,5)
10. Cuesmes	4 393,2	u.c.	(145,0)
12. Beyne-Heusay	4 591,3	u.c.	(152,0)
18. Konacker	4 707,9	u.c.	(156,0)
17. Longwy	4 784,8	u.c.	(158,0)
13. Florange	5 256,0	u.c.	(174,0)

La figure 2 traduit graphiquement la situation.

Des comparaisons peuvent être faites sur la base de ces prix avec l'assurance d'avoir éliminé les facteurs d'hétérogénéité les plus importants.

N'oublions pas cependant que les éléments dits «comparables» figurant dans ces prix, s'inscrivent d'une manière variable dans le cadre des directives de la C.E.C.A., présentent des états d'achèvement variés et répondent à différents critères de qualité.

L'examen de ces chiffres fournit les constatations suivantes:

1. Ensemble des chantiers

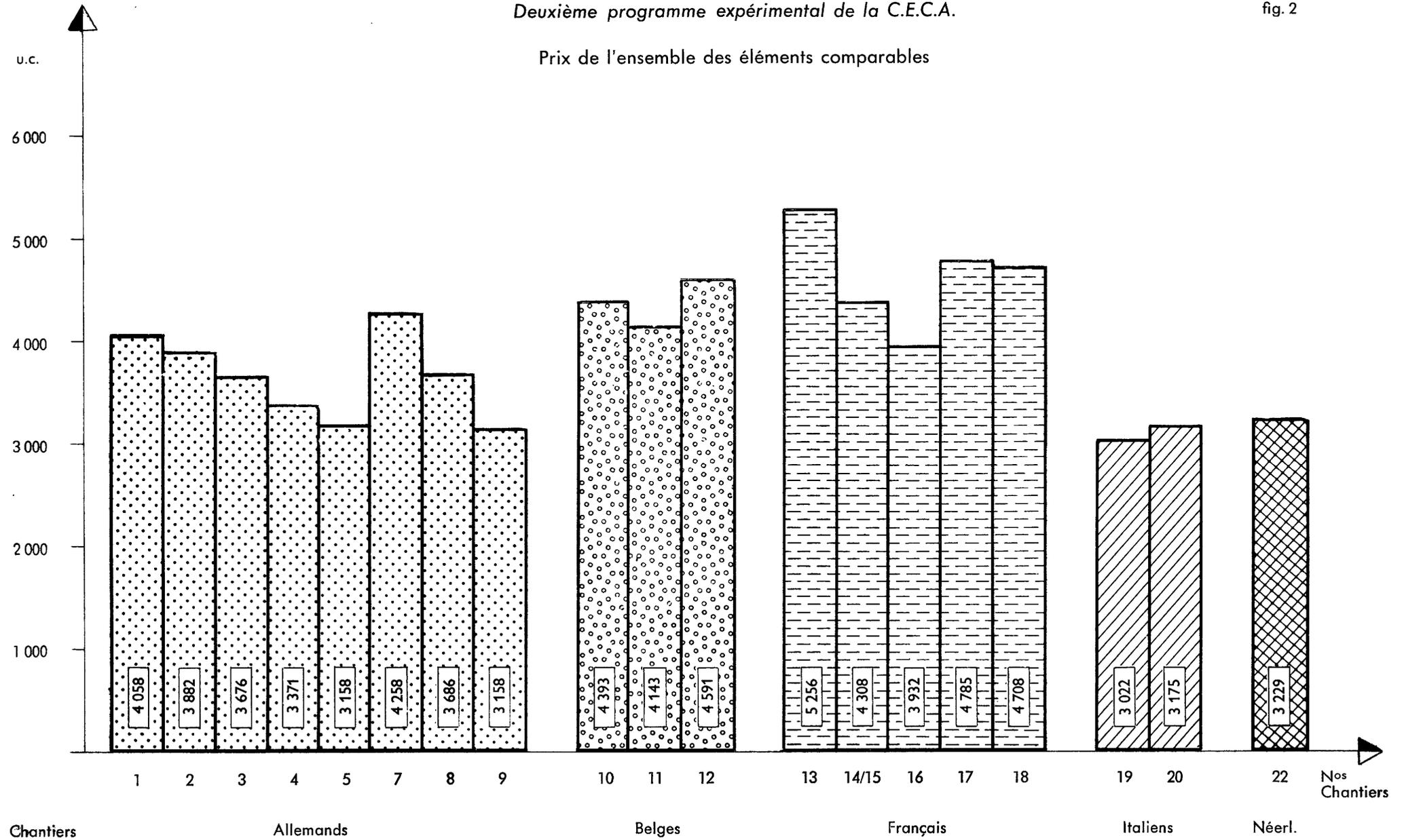
La dispersion est assez grande, puisque les prix minimum et maximum sont dans le rapport de 1 à 1,74.

2. Situation dans chaque pays

Écart entre les prix minimum et maximum:

chantiers italiens:	env. 5 %
chantiers belges (logements identiques):	env. 11 %
chantiers français:	env. 34 %
chantiers allemands:	env. 35 %

Prix de l'ensemble des éléments comparables



1.3 Prix de l'ensemble des éléments comparables par m² habitable

Il est certainement intéressant de connaître le prix de l'ensemble des éléments comparables par m² habitable.

Rappelons, à ce propos, que la surface habitable à considérer est définie comme suit par les directives de la C.E.C.A.: «la surface de plancher construite, sous déduction de l'espace occupé par les gros murs, les cloisons, les emmarchements et trémies d'escalier, les gaines, les embrasures de portes et fenêtres».

Précisons aussi que, lorsqu'un chantier comprend plusieurs types d'appartement de surfaces différentes, on a calculé une moyenne pondérée de surfaces habitables de chaque type.

On obtient ainsi les valeurs suivantes:

- Dortmund	62,4 m ²
- Gelsenkirchen-Buer	69,7 m ²
- Gladbeck	64,8 m ²
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	69,7 m ²
- Höngen	59,7 m ²
- Essen	69,9 m ²
- Welper	64,0 m ²
- Salzgitter	62,2 m ²
- Cuesmes	64,4 m ²
- Marcinelle	64,4 m ²
- Beyne-Heusay	64,4 m ²
- Florange	67,0 m ²
- St-Avold	67,3 m ²
- Carmaux	61,0 m ²
- Longwy	70,5 m ²
- Konacker	63,1 m ²
- Milan	77,8 m ²
- Gênes	67,4 m ²
- Heemskerk	61,5 m ²

Les surfaces habitables réalisées se situent entre 59,7 et 77,8 m² et accusent des différences allant jusque 30 % (77,8 : 59,7 = 1,30). Il en résulte un classement des offres dans l'ordre suivant:

- Milan	39,0	u.c.	par m ²	(100)
- Gênes	47,1	"	"	(121)
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	48,4	"	"	(124,1)
- Salzgitter	50,8	"	"	(130)
- Heemskerk	52,5	"	"	(135)
- Höngen	53,5	"	"	(137)
- Gelsenkirchen-Buer	55,7	"	"	(143)
- Gladbeck	56,7	"	"	(145)
- Welper	57,5	"	"	(147,5)
- Essen	61,0	"	"	(156,5)
- Marcinelle	63,3	"	"	(162)
- St-Avold	64,0	"	"	(164)
- Carmaux	64,5	"	"	(165)
- Dortmund	65,2	"	"	(167)

- Longwy	67,8	u.c.	par	m ²	(174)
- Cuesmes	68,2	"	"	"	(175)
- Beyne-Heusay	71,4	"	"	"	(183)
- Konacker	74,5	"	"	"	(191)
- Florange	78,5	"	"	"	(201)

Les différences sont plus accusées dans cette comparaison, parce que les chantiers italiens qui sont les moins chers, présentent aussi les surfaces les plus grandes.

2. Prix des éléments fonctionnels

Les offres découpées en éléments fonctionnels ont fourni les chiffres repris dans les tableaux n^{os} 1 et 2.

Nous les répartirons ici en trois catégories:

1. les éléments fonctionnels non comparables.
2. les éléments fonctionnels comparables dont le prix est lié à la surface habitable ou au nombre d'étages.
3. les éléments fonctionnels comparables dont le prix est indépendant de la surface habitable et du nombre d'étages.

2.1 Prix des éléments fonctionnels non comparables

Ces prix figurent déjà au tableau n^o 3 établi dans le but d'obtenir le prix global des éléments comparables.

Reprenons-les en opérant un classement à l'intérieur de chaque article.

2.11 Terrassements et fondations:

Il est légitime de grouper ces deux articles qui, dans la réalité, sont intimement liés. Nous obtenons alors le classement suivant:

- Dortmund	79,3	u.c.	par	logement
- St-Avoid	88,6	"	"	"
- Salzgitter	90,2	"	"	"
- Höngen	97,7	"	"	"
- Florange	98,0	"	"	"
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	100,4	"	"	"
- Carmaux	113,5	"	"	"
- Welper	113,9	"	"	"
- Longwy	121,5	"	"	"
- Gladbeck	148,0	"	"	"
- Essen	177,0	"	"	"
- Gênes	194,4	"	"	"
- Gelsenkirchen-Buer	200,0	"	"	"
- Milan	201,5	"	"	"
- Cuesmes	257,0	"	"	"
- Heemskerk	362,5	"	"	"
- Beyne-Heusay	376,1	"	"	"
- Marcinelle	402,4	"	"	"
- Konacker	479,0	"	"	"

Comme on pouvait s'y attendre, les différences sont considérables; le maximum et le minimum sont entre eux comme 6 est à 1!

Elles sont dues évidemment aux notables différences existant dans la nature et la configuration du sol.

Signalons notamment que:

- les logements belges (257, 402 et 376 u.c. par logement) sont construits en terrain minier et que des mesures spéciales ont été prises pour y parer;
- que les immeubles hollandais (362,5 u.c. par logement) ont été construits sur pieux;
- que le Konacker (France) présentait un terrain en pente de faible capacité portante (479 u.c. par logement).

2.12 Infrastructures

Le tableau n° 3 fournit le classement suivant:

- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	229,7	u.c.	par	logement
- Dortmund	264,3	"	"	"
- Salzgitter	310,0	"	"	"
- Gladbeck	315,6	"	"	"
- Milan	345,5	"	"	"
- Florange	354,7	"	"	"
- Gelsenkirchen-Buer	367,8	"	"	"
- Höngen	369,5	"	"	"
- Welper	386,5	"	"	"
- Essen	484,0	"	"	"
- Gênes	612,1	"	"	"
- Heemskerk	682,0	"	"	"
- St-Avoid	683,4	"	"	"
- Carmaux	697,4	"	"	"
- Beyne-Heusay	808,8	"	"	"
- Konacker	846,0	"	"	"
- Longwy	882,9	"	"	"
- Cuesmes	923,5	"	"	"
- Marcinelle	950,9	"	"	"

Les prix extrêmes, 229,7 et 950,9 u.c. par logement, sont dans le rapport 1 à 4,1.

Les différences sont donc nettes et s'expliquent par les conceptions diverses que les auteurs de projets se sont faites de l'infrastructure.

Les sept chantiers allemands, ainsi que ceux de Milan et de Florange, accusent des prix d'infrastructure voisins et particulièrement bas. Il s'agit ici, généralement, d'infrastructures largement enterrées et dotées de simples lucarnes.

A Gênes, le long côté non enterré est ouvert vers l'extérieur.

A Heemskerk et sur les chantiers belges, l'infrastructure est aussi soignée que la superstructure. De plus, les immeubles belges comportent des appartements en infrastructure!

Au Konacker, enfin, des complications provenant des multiples décrochements des immeubles en plan et en profil sont à signaler ici.

2.13 Chauffage central

Les prix du chauffage central figurent au tableau n° 3. Toutefois, le marché de Longwy ne comporte que le chauffage de 24 logements sur 96. On a donc fait figurer ci-dessous le prix de $164 \times (96 : 24) = 657$ unités de compte.

A côté des prix du chauffage central, est indiqué le pourcentage du prix total du logement, qui représente cet équipement.

- Gladbeck	242,7	u.c. par logement	(5,4 ‰)
- Dortmund	267,0	" " "	(5,05 ‰)
- Salzgitter	347,0	" " "	(8,64 ‰)
- Konacker	363,5	" " "	(5,57 ‰)
- Höngen	376,2	" " "	(9,2 ‰)
- Milan	392,0	" " "	(8,9 ‰)
- Welper	464,0	" " "	(9,72 ‰)
- Gelsenkirchen-Buer	470,0	" " "	(9,4 ‰)
- Chantiers belges	590,0	" " "	(9,25 à 9,56 ‰)
- Essen	602,0	" " "	(10,6 ‰)
- Longwy	657,0	" " "	(10,7 ‰)
- Florange	665,0	" " "	(10,32 ‰)

Les prix varient dans le rapport 1 à 2,7 et représentent entre 5,05 et 10,7 ‰ du prix de logement.

2.2 Prix des éléments fonctionnels comparables liés à la surface habitable

La distinction faite à l'intérieur du groupe des éléments fonctionnels comparables entre eux qui sont liés à la surface habitable et ceux qui sont indépendants de cette surface, a pour but de faciliter la pondération à l'aide d'un plan moyen qui fait l'objet du titre 3.

Les éléments fonctionnels comparables liés à la surface habitables sont les planchers, les parois et la toiture. Leurs prix sont donnés ci-après par logement et par m² habitable.

2.21 Planchers

Les prix sont tirés des tableaux 1 et 2, sauf pour les chantiers belges, où on n'a fait intervenir que les logements en superstructure (voir 1.2).

En u.c. par logement

- Gênes	596,6	- Höngen	958,2
- Heemskerk	602,0 (x)	- Gelsenkirchen-Buer	973,0
- Marcinelle	647,0	- Carmaux	998,2
- Milan	654,0	- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	1 006,6
- Beyne-Heusay	662,0	- St-Avold	1 053,2
- Cuesmes	707,0	- Gladbeck	1 066,7
- Welper	819,0	- Florange	1 254,7 (x)
- Salzgitter	912,7	- Longwy	1 287,2 (x)
- Dortmund	930,3 (x)	- Essen	1 369,7
- Konacker	950,2 (x)		

En u.c. par m² habitable

- Milan	8,4	- Dortmund	14,9 (x)
- Gênes	8,8	- Konacker	15,1 (x)
- Heemskerk	9,8 (x)	- St-Avold	15,6
- Marcinelle	10,0	- Höngen	16,06
- Beyne-Heusay	10,2	- Carmaux	16,37
- Cuesmes	11,0	- Gladbeck	16,47
- Welper	12,8	- Longwy	18,26 (x)
- Gelsenkirchen-Buer	14,0	- Florange	18,73 (x)
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	14,3	- Essen	19,59
- Salzgitter	14,7		

Le rapport entre les prix extrêmes est de 1 à 2,3.

Les planchers conçus à l'aide de profilés métalliques sont marqués d'une croix. Il ne se dégage pas de tendance nette si on cherche à comparer le prix de ces planchers avec le prix de systèmes traditionnels.

Bien entendu, les prix indiqués ci-dessus concernent à la fois le système porteur, les revêtements de sol et les plafonds.

2.22 Parois

Le découpage fonctionnel a fait la distinction entre les parois extérieures et intérieures et l'achèvement de ces parois.

Nous allons ici regrouper ces postes qui sont en réalité indépendants.

En effet, des parois extérieures lourdes s'accompagnent souvent d'un cloisonnage intérieur léger, tandis que des panneaux de façade légers exigent des refends porteurs. Des parois lourdes exécutées avec soin s'accommodent de travaux de parachèvement réduits, etc...

C'est l'ensemble du système de parois et de cloisons achevées qui peut être comparé d'un chantier à l'autre.

Les postes BB, BC, BE, BF extraits des tableaux 1 et 2 cumulés, donnent les résultats suivants:

En u.c. par logement

- Salzgitter	1 458,9	- Essen	2 107,05
- Höngen	1 546,7	- Longwy	2 203,9
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	1 614,7	- St-Avold	2 288,7
- Gênes	1 657,0	- Marcinelle	2 311,5
- Heemskerk	1 746,0	- Dortmund	2 365,1
- Carmaux	1 804,6	- Cuesmes	2 452,0
- Welper	1 891,7	- Beyne-Heusay	2 632,0
- Gladbeck	1 895,7	- Konacker	2 675,8
- Milan	1 915,0	- Florange	2 849,2
- Gelsenkirchen-Buer	2 057,0		

En u.c. par m² habitable

- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	23,2	- Essen	30,2
- Salzgitter	23,4	- Longwy	31,4
- Gênes	24,6	- St-Avoid	33,9
- Milan	24,6	- Marcinelle	35,9
- Höngen	25,9	- Dortmund	38,0 (x)
- Heemskerk	28,4	- Cuesmes	38,1
- Gladbeck	29,3	- Beyne-Heusay	40,9
- Gelsenkirchen-Buer	29,5	- Konacker	42,2
- Carmaux	29,6	- Florange	42,5 (x)
- Welper	29,6		

Le rapport entre les prix extrêmes est de 1 à 1,8.

Les 2 chantiers ayant adopté un système d'ossature métallique sont marqués de (x). Ils se rangent dans la catégorie des parois chères . . .

Les prix des parois des immeubles belges comprennent le parachèvement complet, soit par peinture, soit par collage d'un revêtement plastifié, et l'incorporation des gaines d'électricité.

2.23 Toiture

Les prix extraits des tableaux 1 et 2 permettent d'établir la classification suivante:

En u.c. par logement

- Gladbeck	210,46	- Salzgitter	343,5
- Gelsenkirchen-Buer	216,0	- Konacker	400,5
- Höngen	220,52	- Cuesmes	426,6
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	221,10	- Marcinelle	438,5
- Heemskerk	247,50	- Florange	440,3
- Dortmund	260,66	- Gênes	458,8
- Essen	263,90	- St-Avoid	472,05
- Welper	280,96	- Beyne-Heusay	477,2
- Carmaux	317,4	- Longwy	493,4
- Milan	318,0		

En u.c. par m² habitable

- Gelsenkirchen-Buer	3,10	- Salzgitter	5,50
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	3,18	- Konacker	6,34
- Gladbeck	3,25	- Florange	6,57
- Höngen	3,69	- Cuesmes	6,62
- Essen	3,78	- Marcinelle	6,80
- Heemskerk	4,02	- Gênes	6,81
- Milan	4,15	- Longwy	7,00
- Dortmund	4,18	- St-Avoid	7,02
- Welper	4,39	- Beyne-Heusay	7,41
- Carmaux	5,20		

Les prix minima et maxima sont entre eux comme 1 est à 2,3. Ce rapport est le même que pour les planchers.

2.3 Prix des éléments fonctionnels comparables indépendants de la surface habitable

Il s'agit ici des escaliers et des équipements.

2.31 Escaliers

Le tableau 1 fournit les chiffres suivants:

- Cuesmes	55,1	u.c.	par	logement
- Marcinelle	59,1	"	"	"
- Dortmund	60,97	"	"	"
- Beyne-Heusay	61,70	"	"	"
- Essen	72,36	"	"	"
- Milan	77,00	"	"	"
- Konacker	77,3	"	"	"
- St-Avoid	82,9	"	"	"
- Longwy	98,2	"	"	"
- Gladbeck	107,2	"	"	"
- Höngen	108,6	"	"	"
- Gênes	121,5	"	"	"
- Heemskerk	122,5	"	"	"
- Salzgitter	126,4	"	"	"
- Gelsenkirchen-Buer	138,4	"	"	"
- Florange	138,7	"	"	"
- Carmaux	210,0	"	"	"
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	216,6	"	"	"
- Welper	253,71	"	"	"

Le rapport des prix extrêmes est de 1 à 4,60.

Les escaliers belges, peu coûteux, se composent de limons préfabriqués fixés aux paliers et de marches préfabriquées scellées dans les limons.

2.32 Equipements divers

Il s'agit ici de l'ensemble des équipements comparables.

Nous en obtiendrons le prix en soustrayant du prix total de l'équipement figurant au tableau 1, le prix des équipements non comparables détaillés au tableau 3.

Ces équipements divers comportent donc:

- les cheminées et gaines de ventilation
- l'alimentation en eau froide et en gaz
- l'évacuation des eaux usées
- l'électricité des appartements et des dégagements
- les sonneries, parlophones et antennes
- l'évier, le W.C., les lavabos, la baignoire ou la douche.

Ils se classent comme suit:

- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	312,7	u.c.	par	logement
- Salzgitter	316,6	"	"	"
- Höngen	323,9	"	"	"
- Gênes	340,7	"	"	"
- Gladbeck	361,6	"	"	"
- St-Avoid	401,9	"	"	"
- Gelsenkirchen-Buer	418,2	"	"	"
- Milan	439,7	"	"	"
- Welper	440,3	"	"	"
- Dortmund	441,1	"	"	"
- Essen	445,4	"	"	"
- Heemskerk	511,8	"	"	"
- Florange	573,0	"	"	"
- Carmaux	601,0	"	"	"
- Konacker	603,9	"	"	"
- Marcinelle	676,7	"	"	"
- Longwy	704,1	"	"	"
- Cuesmes	743,3	"	"	"
- Beyne-Heusay	748,4	"	"	"

Les prix extrêmes sont dans le rapport 1 à 2,4

3. Prix pondérés en fonction d'un plan moyen

3.1 Plan moyen

L'établissement d'un plan moyen qui comporterait un mètre complet d'un immeuble fictif serait sans intérêt puisqu'on ne possède pas les prix unitaires des éléments fonctionnels, mais seulement les prix globaux de ces éléments.

Toutefois, une notion de plan moyen pourra utilement servir à la pondération des prix de certains éléments fonctionnels dans le but d'éliminer les distorsions provenant des latitudes admises par les directives de la C.E.C.A. (voir 1.12) en ce qui concerne la *surface habitable* et le *nombre d'étages*.

Dans ce cas, le plan moyen se ramène à la définition d'une surface habitable moyenne et d'un nombre d'étages moyen.

Les surfaces habitables répondant aux directives de la C.E.C.A. peuvent varier entre 51 et 75 m², ce qui situe la moyenne à 63 m². C'est cette valeur que nous admettrons comme surface habitable du plan moyen.

Quant au nombre d'étages de la superstructure, il peut être de trois ou quatre. Les prix qui varient en fonction de ce nombre seront ramenés à la valeur intermédiaire de 3,5.

Cette pondération n'affecte donc que les trois éléments comparables liés à la surface habitable ou au nombre d'étages, soit les planchers, les parois et la toiture. Les autres éléments seront introduits ne varietur dans les comparaisons ultérieures.

3.2 Prix des éléments comparables liés à la surface habitable ou au nombre d'étages

La base de la pondération ne pourra être que la relation approximative pouvant exister entre les trois groupes de fonctions que sont les planchers, les parois et la toiture d'une part, et la surface habitable et le nombre d'étages d'autre part.

3.21 Planchers

Les prix des planchers sont, à peu de chose près, proportionnels à leur surface et aussi à la surface habitable du logement.

Les prix des planchers d'un logement répondant aux caractéristiques du plan moyen s'obtiennent donc en multipliant les prix unitaires du tableau 2 par 63, surface habitable du plan moyen.

(Pour les chantiers belges toutefois, il ne sera question ici que des appartements de la superstructure, les prix seront donc dérivés du tableau calculé en 1.2.)

- Dortmund	940	u.c.	par	logement
- Gelsenkirchen-Buer	880	"	"	"
- Gladbeck	1 038	"	"	"
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	900	"	"	"
- Höngen	1 010	"	"	"
- Essen	1 234	"	"	"
- Welper	806	"	"	"
- Salzgitter	925	"	"	"
- Cuesmes	690	"	"	"
- Marcinelle	632	"	"	"
- Beyne-Heusay	647	"	"	"
- Florange	1 180	"	"	"
- St-Avoid	985	"	"	"
- Carmaux	1 030	"	"	"
- Longwy	1 150	"	"	"
- Konacker	950	"	"	"
- Milan	530	"	"	"
- Gênes	557	"	"	"
- Heemskerk	616	"	"	"

3.22 Parois

Nous admettons que la surface des parois soit proportionnelle à la racine carrée de la surface habitable.

On a donc, si «S» est une surface habitable et «s» la surface des parois correspondantes:

$$\frac{s_1}{\sqrt{S_1}} = \frac{s_2}{\sqrt{S_2}}$$

d'où:

$$s_2 = s_1 \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}$$

Il en sera de même pour le prix «p» de ces parois. On aura donc

$$p2 = p1 \sqrt{\frac{S2}{S1}}$$

En l'occurrence $S2 = 63 \text{ m}^2$ et $S1$ sont les valeurs des surfaces habitables indiquées au paragraphe 1.3.

Les prix $p1$ des parois, groupant les postes: BB, BC, BE, BF comme exposé au paragraphe 2.22, sont extraits du tableau 1.

Chantier	$p1$	$\sqrt{\frac{S2}{S1}}$	$p2$
Dortmund	2 365,1	$\sqrt{63 : 62,4} = 1,005$	2 380 u.c.
Gelsenkirchen-Buer	2 057,0	$69,7 = 0,951$	1 955 "
Gladbeck	1 895,1	$64,8 = 0,987$	1 870 "
Gelsenkirchen-Nattmannsweg	1 614,7	$69,7 = 0,951$	1 535 "
Höngen	1 546,7	$59,7 = 1,028$	1 585 "
Essen	2 107,1	$69,9 = 0,950$	2 005 "
Welper	1 891,7	$64,0 = 0,992$	1 975 "
Salzgitter	1 458,9	$62,2 = 1,005$	1 465 "
Cuesmes	2 452,0	} $\sqrt{63 : 64,4} = 0,989$	2 425 "
Marcinelle	2 311,0		2 285 "
Beyne-Heusay	2 632,0		2 600 "
Florange	2 849,2	$67,0 = 0,970$	2 760 "
St-Avold	2 288,1	$67,3 = 0,968$	2 215 "
Carmaux	1 804,6	$61,0 = 1,018$	1 835 "
Longwy	2 203,9	$70,5 = 0,945$	2 080 "
Konacker	2 675,8	$63,1 = 1,000$	2 675 "
Milan	1 915,0	$77,8 = 0,901$	1 725 "
Gênes	1 657,0	$67,4 = 0,968$	1 605 "
Heemskerk	1 746,0	$61,5 = 1,011$	1 765 "

3.23 Toiture

A nombre d'étages égal, on peut admettre que la surface couverte soit proportionnelle à la surface habitable.

A surface habitable égale, le prix de la toiture, par logement, dépend évidemment du nombre d'étages.

On obtiendra une pondération éliminant le facteur «nombre d'étages» en divisant les prix par logement établis dans les immeubles à trois étages par 1,165 et en multipliant les prix par logement établis dans les immeubles à 4 étages par 1,145.

En effet:

$$\frac{1}{3 \times 1,165} = \frac{1,145}{4}$$

En combinant l'influence de la surface et du nombre d'étages, on trouve les multiplicateurs des prix de la toiture par m^2 habitable.

- Immeuble à 3 étages: $63 : 1,165 = 54$
- Immeuble à 4 étages: $63 \times 1,145 = 72,1$

Toiture

Chantiers	Prix par m ² habitable (Tab. 2)	Nombre d'étages	Multiplicateur	Prix correspondant au plan moyen
Dortmund	4,18	3	54	226,0 u.c.
Gelsenkirchen-Buer	3,10	4	72,1	224,0 "
Gladbeck	3,25	4	72,1	234,0 "
Gelsenkirchen-Nattmannsweg	3,18	3,5	63	200,0 "
Höngen	3,69	3	54	199,0 "
Essen	3,78	4	72,1	272,5 "
Welper	4,39	3	54	236,5 "
Salzgitter	5,50	3,5	63	346,0 "
Cuesmes	6,62	3	54	357,0 "
Marcinelle	6,81	3	54	368,0 "
Beyne-Heusay	7,41	3	54	400,0 "
Florange	6,57	4	72,1	474,0 "
St-Avold	7,02	3	54	379,0 "
Carmaux	5,20	4	72,1	375,0 "
Longwy	7,00	3	54	379,0 "
Konacker	6,34	4	72,1	457,0 "
Milan	4,15	4	72,1	299,0 "
Gênes	6,81	4	72,1	491,0 "
Heemskerk	4,02	4	72,1	290,0 "

3.24 Somme des éléments pondérés

En additionnant les prix calculés aux paragraphes 3.21, 3.22 et 3.23, on obtient le classement suivant:

- Milan	2 554	u.c.	(100)
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	2 635	"	(103)
- Gênes	2 653	"	(104)
- Heemskerk	2 671	"	(104,5)
- Salzgitter	2 736	"	(107)
- Höngen	2 794	"	(109,5)
- Welper	3 017	"	(118)
- Gelsenkirchen-Buer	3 059	"	(119,5)
- Gladbeck	3 142	"	(123)
- Carmaux	3 240	"	(127)
- Marcinelle	3 285	"	(129)
- Cuesmes	3 472	"	(136)
- Essen	3 511	"	(137,5)
- Dortmund	3 546	"	(139)
- St-Avold	3 579	"	(140)
- Longwy	3 609	"	(141,5)
- Beyne-Heusay	3 647	"	(143)
- Konacker	4 082	"	(160)
- Florange	4 414	"	(173)

L'examen de ces chiffres permet de constater que la pondération, en fonction du plan moyen, a opéré des réductions de prix allant jusqu'à 13 %, et des majorations allant jusqu'à 3,7 %, ce qui montre que cette opération était nécessaire.

3.3 Prix des éléments comparables indépendants de la surface habitable

Il s'agit des escaliers et des équipements divers dont les valeurs ont été calculées en 2.31 et 2.32.

En les groupant, on trouve:

- Dortmund	502,0	u.c.	par	logement
- Gelsenkirchen-Buer	566,6	"	"	"
- Gladbeck	468,8	"	"	"
- Gelsenkirchen-Nattmannsweg	528,7	"	"	"
- Höngen	432,5	"	"	"
- Essen	517,5	"	"	"
- Welper	694,0	"	"	"
- Salzgitter	443,0	"	"	"
- Cuesmes	798,4	"	"	"
- Marcinelle	735,8	"	"	"
- Beyne-Heusay	810,1	"	"	"
- Florange	711,7	"	"	"
- St-Avoid	484,8	"	"	"
- Carmaux	811,0	"	"	"
- Longwy	802,3	"	"	"
- Konacker	681,2	"	"	"
- Milan	516,7	"	"	"
- Gênes	462,2	"	"	"
- Heemskerk	634,3	"	"	"

3.4 Prix de l'ensemble des éléments comparables avec pondération en fonction d'un plan moyen

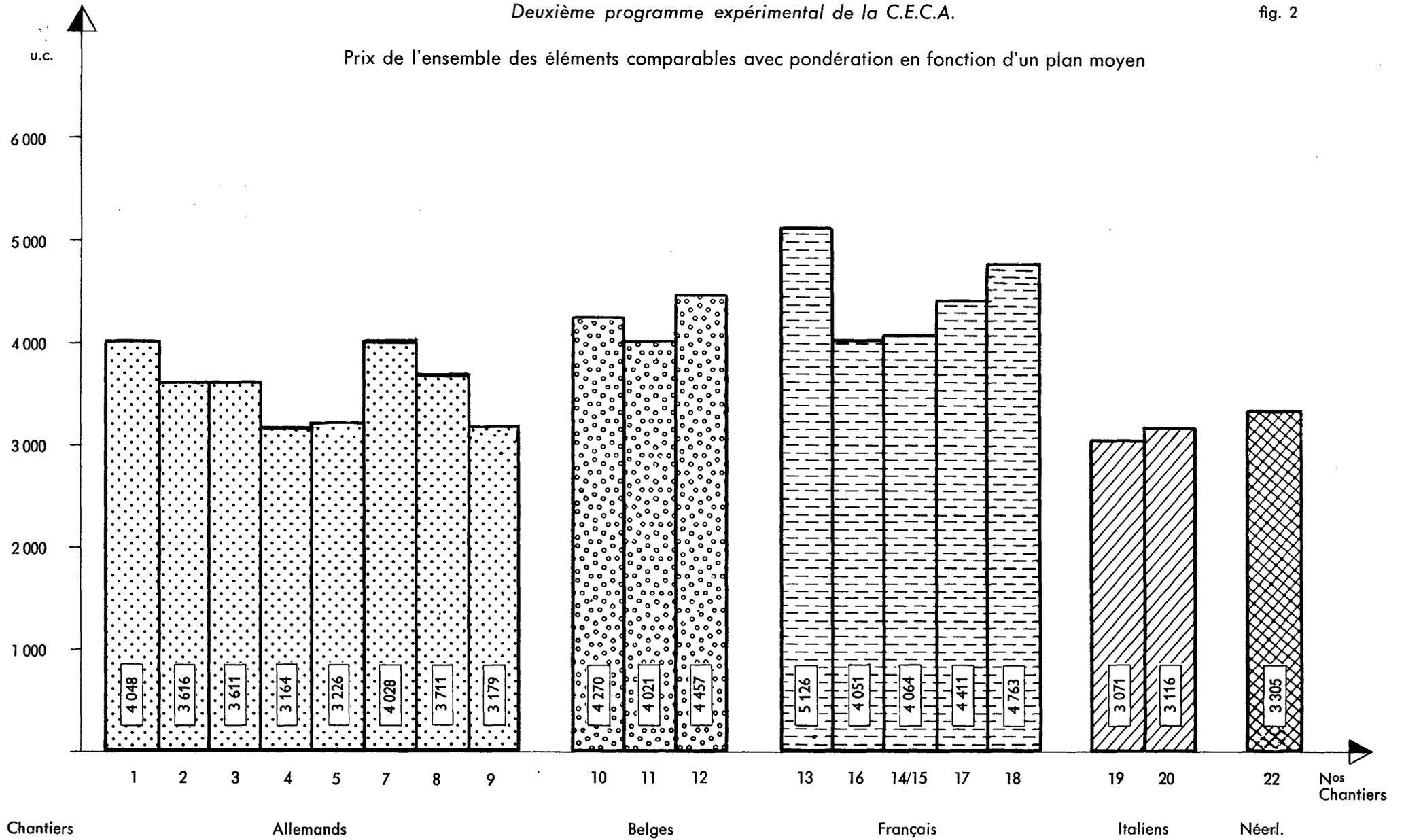
La somme des valeurs calculées en 3.24 et en 3.3 fournit le classement suivant:

19 - Milan	3 071	u.c.	par	logement	(100)
20 - Gênes	3 116	"	"	"	(101,5)
4 - Gelsenkirchen-Nattmannsweg	3 164	"	"	"	(103)
9 - Salzgitter	3 179	"	"	"	(103)
5 - Höngen	3 226	"	"	"	(105)
22 - Heemskerk	3 305	"	"	"	(107,5)
3 - Gladbeck	3 611	"	"	"	(117,5)
2 - Gelsenkirchen-Buer	3 616	"	"	"	(117,5)
8 - Welper	3 711	"	"	"	(121)
11 - Marcinelle	4 021	"	"	"	(131)
7 - Essen	4 028	"	"	"	(131)
1 - Dortmund	4 048	"	"	"	(131,5)
16 - Carmaux	4 051	"	"	"	(132)
14/15 - St-Avoid	4 064	"	"	"	(132,5)
10 - Cuesmes	4 270	"	"	"	(132,5)
17 - Longwy	4 411	"	"	"	(144)
12 - Beyne-Heusay	4 457	"	"	"	(145)
18 - Konacker	4 763	"	"	"	(155)
13 - Florange	5 126	"	"	"	(167)

Deuxième programme expérimental de la C.E.C.A.

fig. 2

Prix de l'ensemble des éléments comparables avec pondération en fonction d'un plan moyen



L'examen de ces chiffres, présentés graphiquement sur la fig. 3, fournit les constatations suivantes:

1. Ensemble des chantiers

Rapport des prix maximum et minimum: 1,67

2. Situation dans chaque pays

Ecart entre les prix minimum et maximum:

- chantiers italiens: 1,5 %
- chantiers belges: 11 % (immeubles identiques)
- chantiers français: 26,5 %
- chantiers allemands: 28 %

N.B. L'interprétation des prix calculés en 3.4 fait l'objet du titre 4.

3.5 Comparaison entre les prix du logement et les prix des éléments comparables pondérés

Les prix du logement, totalisant tous les articles des marchés ont été donnés au paragraphe 1.1.

Dans la mesure où ils dépassent les prix des éléments comparables pondérés, calculés au paragraphe 3.4, on peut se faire une idée des amplifications données sur chaque chantier et dans chaque pays à ce programme fictif commun.

On trouve:

Chantiers allemands

Dortmund	+ 30,5 %
Gelsenkirchen-Buer	+ 38 %
Gladbeck	+ 25 %
Gelsenkirchen-Nattmannsweg	+ 21 %
Höngen	+ 27 %
Essen	+ 41 %
Welper	+ 28,5 %
Salzgitter	+ 26,5 %

Chantiers belges

Cuesmes	+ 46 %
Marcinelle	+ 53 %
Beyne-Heusay	+ 43,5 %

Chantiers français

Florange	+ 26 %
St-Avold	+ 30 %
Carmaux	+ 26 %
Longwy	+ 39 %
Konacker	+ 37 %

Chantiers italiens

Milan	+ 43,5 %
Gênes	+ 29,5 %

Chantier néerlandais

Heemskerk	+ 40 %
-----------	--------

4. Considérations statistiques

4.1 Remarque

Il avait été envisagé de comparer les prix obtenus, avec le produit national brut ainsi qu'avec les salaires moyens des mineurs et sidérurgistes des pays de la C.E.C.A.

Cette idée a cependant été abandonnée en raison du fait que les coûts enregistrés dans le programme expérimental ne sont pas représentatifs des coûts moyens de construction dans les divers pays.

En effet, certaines expériences ont été poussées à un point tel que des distorsions sont apparues entre les uns et les autres.

Or, c'est précisément la comparaison des prix nationaux moyens avec le produit national brut qui serait intéressante, car elle serait susceptible de mettre en lumière les relations existant entre la qualité du logement et l'évolution du produit national brut et même, dans certains cas, celle du produit régional ou local.

4.2 Comparaison entre les prix du premier et du second programme expérimental

Une comparaison peut être tentée entre la situation relative des chantiers C.E.C.A. de chaque pays dans les deux programmes.

En ce qui concerne le second programme, on choisira comme terme de comparaison les prix de «l'ensemble des éléments comparables avec pondération en fonction d'un plan moyen», figurant au par. 3.4.

Pour le premier programme, on se servira des «prix types» figurant dans le rapport du 30. 7. 57⁽¹⁾ à l'annexe B. 1, par. 5, que nous rappelons ci-après:

Chantiers belges:	3 736	u.c.	(126)
Chantiers allemands:	3 256	"	(109)
Chantiers français:	4 080	"	(137)
Chantiers italiens:	2 972	"	(100)
Chantiers néerlandais:	3 727	"	(125,5)

On peut donc juxtaposer les deux classements suivants:

<i>Premier programme</i>		<i>Deuxième programme</i>	
Chantiers italiens:	100	Chantiers italiens:	100
Chantiers allemands:	109	Chantiers allemands:	115,5
Chantiers néerlandais:	125	Chantiers néerlandais:	107
Chantiers belges:	126	Chantiers belges:	137
Chantiers français:	137	Chantiers français:	145

Il y a un parallélisme certain entre les deux séries d'indices situant les prix moyens réalisés dans les différents pays avec cependant des écarts assez marqués en ce qui concerne les chantiers belges et néerlandais.

Ces écarts peuvent d'ailleurs, dans une large mesure, se justifier comme suit:

1. Dans le calcul du «prix type» belge du premier programme on relève l'intervention du chantier de Houthalen situé en dehors des régions industrielles où sont situés les autres chantiers des deux programmes. L'élimination de ce chantier relève le «prix type belge» à 4 035 u.c et l'indice correspondant à 136.

⁽¹⁾ Voir «Premier programme de constructions expérimentales», Haute Autorité, Luxembourg 1958.

2. Le seul chantier néerlandais du premier programme était, à l'estime du Bouwcentrum, nettement plus cher que ce qu'indiquaient les prix pratiqués à l'époque aux Pays-Bas.

Si l'on tient compte de ces facteurs, on peut dire que la situation relative des chantiers des différents pays est peu différente d'un programme à l'autre.

En effet, sur ces bases, la comparaison entre les deux programmes s'établirait comme suit:

	<i>Premier programme</i>	<i>Deuxième programme</i>
Chantiers italiens	100	100
Chantiers néerlandais	101,5	107
Chantiers allemands	109	115,5
Chantiers belges	136	137
Chantiers français	137	145

La concordance des résultats des études faites sur les offres des deux programmes leur confère une certaine valeur indicative.

5. Conclusions

Les multiples tableaux que comporte l'étude qui précède suscitent quelques réflexions.

En ce qui concerne les prix globaux, ceux intéressant l'ensemble du logement et ceux intéressant les éléments comparables, on constate des différences extrêmement importantes. C'est ainsi que les prix globaux du logement entier vont de 3 825,7 u.c. pour Gelsenkirchen-Nattmannsweg à 6 538,5 u.c. pour Konacker. Les prix globaux du logement entier, déduction faite des éléments non comparables s'échelonnent de 3 022,7 u.c. pour Milan à 5 256 u.c. à Florange.

Ces derniers prix ramenés au m² de surface habitable varient de 39 u.c. pour Milan à 78,5 unités de compte pour Florange. Ces mêmes prix appliqués à un « plan moyen » unique pour tous les chantiers, c'est-à-dire un plan de logements de même surface habitable, compris dans un immeuble comptant le même nombre de niveaux vont de 3 071 u.c. pour Milan à 5 126 u.c. pour Florange.

Rappelons que les éléments non comparables qui ont été déduits sont les suivants: terrassements, fondations, infrastructure, chauffage central, alimentation en eau chaude, volumes de rangement, vide-ordures, appareils de cuisson et appareils frigorifiques. Ces larges éventails de prix allant parfois du simple au double ne peuvent manquer de surprendre, d'autant plus que les directives du programme se sont attachées à tendre vers des réalisations sensiblement pareilles.

Quelles que soient les causes des différences de prix, qu'elles procèdent du terrain, des expériences, des conceptions, de l'habileté des architectes, du confort des logements ou d'autres raisons, il n'en reste pas moins que les travailleurs des mines et de la sidérurgie de la C.E.C.A. sont logés dans des logements nettement dissemblables quant à leur coût. C'est là une constatation extrêmement importante qui n'est certainement pas spéciale aux chantiers du programme expérimental.

Elle montre que le problème du prix de revient des logements des travailleurs mérite une grande attention.

Les prix des éléments fonctionnels varient dans des proportions énormes; c'est spécialement le cas pour les terrassements et les fondations, classés dans les éléments fonctionnels non comparables, ce qui n'a d'ailleurs pas empêché d'en dresser le tableau. On voit que le coût le moins élevé est de 79,3 u.c. par logement pour Dortmund et que le coût le plus élevé est de 479 u.c. pour Konacker, soit la proportion de 1 à 6.

La raison du prix élevé à Konacker est le relief très accidenté du terrain et la faible portance du sol. On voit par là combien les qualités topographiques et géotechniques sont à considérer pour le choix du site des logements.

D'autres éléments fonctionnels présentent des gammes étendues de prix: les planchers de 8,4 u.c. pour Milan à 19,59 u.c. pour Essen; les parois intérieures et extérieures de 23,2 u.c. pour Gelsenkirchen-Nattmannsweg à 42,5 u.c. pour Florange; les toitures de 3,1 u.c. pour Gelsenkirchen-Buer à 7,41 u.c. pour Beyne-Heusay (ces prix se rapportent au m² de surface habitable). Les escaliers de 55,1 u.c. par logement pour Cuesmes à 253,71 u.c. pour Welper.

Le découpage des offres en éléments fonctionnels a permis de détecter ces différences considérables de prix. C'est un des mérites de la méthode arrêtée par le comité des experts d'avoir pu atteindre ce résultat.

S'il est difficile de caractériser avec précision les causes de ces différences de prix, la constatation de leur existence constitue par elle-même un enseignement important, car elle amène à conclure que certaines techniques utilisées dans un pays déterminé et qui s'avèrent économiquement favorables, sont parfois mal connues dans d'autres, et qu'un effort devrait être entrepris à cet égard dans le sens d'un accroissement des échanges de documentation sur le plan international.

Un champ étendu de recherches se révèle ainsi en vue du choix des techniques les plus économiques, et il est incontestable que sa prospection présenterait un grand intérêt.

L'emploi de techniques et de matériaux dissemblables constitue en effet, à coup sûr, une cause primordiale des différences constatées dans les prix. Par conséquent, il s'indiquerait de pousser plus loin les comparaisons de prix entre éléments fonctionnels, de façon à mettre en évidence les techniques et les matériaux les moins coûteux, compte tenu des qualités offertes sur le plan du confort, de l'aspect, de la résistance, de la durabilité, etc . . .

Une telle étude n'entre pas dans l'objet du présent rapport mais mérite d'être entreprise. Elle constituerait le prolongement normal des expériences du deuxième programme. Sans doute pourrait-elle conduire à la rédaction d'un projet d'immeuble d'habitation, intégrant les meilleures techniques, c'est-à-dire celles qui, pour un prix égal, procurent un meilleur service ou qui, à service égal, provoquent un abaissement des prix. Peut-être, la réalisation de ce projet à titre de démonstration pourrait-elle être envisagée.

Cette initiative pourrait éventuellement trouver sa place dans un prochain programme expérimental de la C.E.C.A. Elle ne pourrait manquer de revêtir une signification toute particulière à la veille de la réalisation intégrale du Marché commun européen.

Le Marché commun aura notamment pour conséquence la libre circulation des capitaux, des matériaux, des entreprises et de la main-d'œuvre, c'est-à-dire, en définitive, des techniques et des procédés de construction. Il s'agira d'un phénomène entièrement nouveau puisque actuellement les barrières douanières et les réglementations nationales constituent autant d'obstacles à ces échanges d'un pays à l'autre.

Une fois ces oppositions tombées, il est certain que les modes de construction connaîtront de profondes modifications. Il serait intéressant d'anticiper sur la réalité prochaine du Marché commun, par la construction à titre d'essai d'un «immeuble européen de demain», expérience qui devrait illustrer l'évolution des techniques et les abaissements de prix de revient résultant des études pratiquées à l'occasion du deuxième programme expérimental de la C.E.C.A.

A cet égard, un équilibre devrait être recherché entre les critères de qualité et les considérations de prix.

D'ailleurs il s'indiquerait sans aucun doute de prendre de grandes précautions dans l'évaluation des coûts de construction, en raison du fait que les prix de transport et de main d'œuvre influenceraient celui des matériaux importés de l'étranger, et il importerait d'obtenir les exonérations nécessaires en ce qui concerne les taxes d'entrée.

Cette expérience intrinsèquement justifiée peut présenter pour la C.E.C.A. un intérêt tout particulier en ce sens qu'elle renforcerait la continuité que connaît son action en faveur de l'amélioration de l'habitat des travailleurs de la communauté.



Chapitre IV **Étude sur le report des
dimensions sur chantier**

C.D.U. 526.9 : 69.001.5 (100)

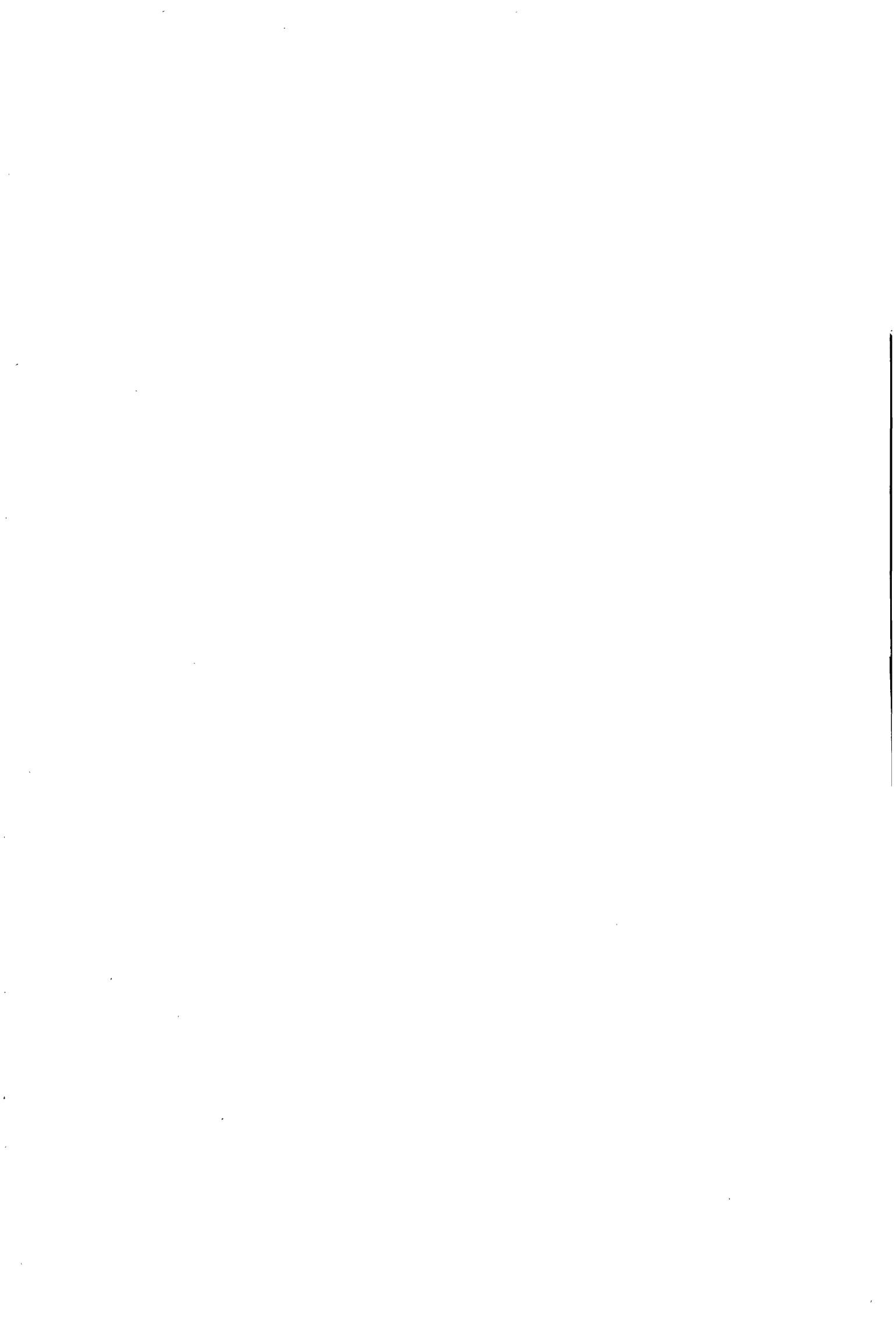
(texte original: italien)

par le professeur G. Ciribini
Centro per la Ricerca Applicata sui
Problemi dell'Edilizia Residenziale
(C. R. A. P. E. R.)
Milan



Sommaire

	Page
Avant-propos	121
0. Justification de l'étude	123
1. Méthode	123
2. Système général de repérage	123
2.1 Tracé topographique	123
2.2 Tracé de chantier	124
2.21 Généralités	124
2.22 Réalisation du couple d'axes de référence	125
2.23 Réalisation du plan $Z=0$	127
2.24 Report des alignements à cote négative par rapport au plan $Z=0$	128
2.25 Report des axes de repérage à cote positive par rapport au plan $Z=0$: emploi d'un appareil optique (tachéomètre)	129
2.26 Report des axes de repérage à cote positive par rapport au plan $Z=0$: emploi du fil à plomb	132
3. Report de cotes dans le sens horizontal	139
4. Report de cotes altimétriques	152
5. Chantiers belges	157
Annexe: Précision des appareils	159



Avant-propos

L'institut italien, chargé de mettre au point une méthode pour le report des cotes sur le chantier, dans le cadre des études prévues par le second programme de constructions de la C.E.C.A., a commencé ses travaux en rassemblant une documentation sur les méthodes traditionnellement appliquées dans les pays de la Communauté.

Le résultat de ce sondage a fait apparaître un certain manque d'uniformité dans les procédures suivies, si bien que l'on a jugé à propos d'aborder le problème ex novo, afin de proposer une méthode qui soit d'application générale.

Après une période initiale d'étude, le C.R.A.P.E.R. a été en mesure de normaliser une méthode qui d'ailleurs, tout en se fondant sur certaines expériences concrètes réalisées sur chantier, présentait inévitablement des lacunes et des défauts du point de vue de son application pratique.

Les moyens propres à combler ces lacunes ont été tirés des expériences acquises à la suite de l'application de la méthode sur les chantiers expérimentaux de la C.E.C.A., conformément aux intentions formulées par le comité d'experts au moment de l'établissement du programme de travail.

La normalisation de cette méthode sous forme d'un document de travail figurait dans les instructions d'application pour le second programme expérimental de la C.E.C.A.

Avant que débutent les travaux dans les divers chantiers de la Communauté, on a jugé opportun de convoquer tous les techniciens chargés de ces travaux par les divers instituts nationaux afin de leur exposer en détail la procédure précisée.

Par la suite la collaboration entre l'institut italien et les instituts français et néerlandais s'est avérée particulièrement fructueuse: les rapports du chantier français de Konacker, ainsi que ceux des chantiers néerlandais de Heemskerk et italien de Milan-Forlanini, ont fourni des éléments extrêmement utiles pour améliorer et mettre au point la méthode proposée. Les contrôles effectués sur le chantier expérimental allemand de Salzgitter Lebenstedt ont également contribué à confirmer la valeur de la méthode suivie.

C'est pourquoi il a été jugé opportun, dans le rapport final, de formuler à nouveau la méthode à la lumière de ces expériences, de manière à présenter un tableau suffisamment clair des résultats obtenus au terme de l'expérience C.E.C.A.

Les expériences intéressantes obtenues par l'application de la méthode sur les chantiers belges encore en cours au moment de la rédaction de ce rapport, ont été exposées et résumées à la fin du présent rapport.

Ont collaboré à la présente étude:

pour l'Italie

P. N. Maggi (rapporteur)

Mlle G. Guarnerio

G. De Martin

pour la Belgique

M. Lebegge

M. Mosselmans

pour la France

J. Noiré

pour l'Allemagne (R.F.)

G. Achterberg

pour les Pays-Bas

H. Th. van Schaik

A. Volbeda

0. Justification de l'étude

Dans la construction, le problème dimensionnel réside dans le fait que l'ouvrage doit correspondre au projet. On doit parvenir à le résoudre par un procédé d'exécution rationnel et économique, propre avant tout à faciliter et à simplifier les assemblages que l'on doit réaliser, dans la construction, entre éléments préfabriqués et éléments construits sur le chantier.

Ceci comporte l'analyse des champs de variabilité dimensionnelle des grandeurs qui découlent des procédés de construction, en usine pour les éléments préfabriqués et sur le chantier pour les éléments traditionnels.

Il est clair par ailleurs que la variabilité dimensionnelle des divers éléments de construction (préfabriqués ou traditionnels) ne représente qu'un terme élémentaire de la variabilité dimensionnelle que l'on peut rencontrer entre les positions réciproques prises dans l'ouvrage par les éléments; à cette variabilité, en effet, contribue également la variabilité des procédés afférents aux opérations pratiquées sur le chantier (traçage, mise en place). En analysant ces procédés on constate que l'une des opérations de base, capable d'influer sur les résultats dimensionnels que l'on peut obtenir effectivement dans la construction, est le report sur le chantier des cotes indiquées dans les plans d'exécution.

D'après ces considérations, on comprend évidemment l'intérêt qu'il y a à fixer, dans ses grandes lignes, la méthode de report, de manière à pouvoir, grâce à une procédure arrêtée à l'avance et une fois précisés les instruments et les conditions de mesure, connaître les champs de variabilité des erreurs possibles.

1. Méthode

La procédure normalisée de report se divise en trois phases:

1. Système général de repérage;
2. Report de cotes en sens horizontal;
3. Report de cotes en sens vertical.

2. Système général de repérage

2.1 Tracé topographique

On précise planimétriquement l'emplacement d'une construction dans son ensemble en reliant certains points ou certaines directions de sa projection horizontale directement au réseau topographique local ou, en tout cas, à des repères rattachés à ce réseau.

Le mode de réalisation de ce raccordement est de nature topographique et, pour le sujet que nous traitons ici, il est sans intérêt de le connaître et d'en évaluer les erreurs, car les coordonnées absolues (c'est-à-dire par rapport au réseau extérieur) des éléments constitutifs de la construction dépendent directement des points ou des directions reliés au réseau topographique, points et directions qui prennent par conséquent, pour tous les tracés ultérieurs, un caractère impératif et d'éléments faisant foi.

Les expériences réalisées sur les chantiers expérimentaux en France, en Italie et aux Pays-Bas, incitent cependant à procéder (une fois le tracé topographique réalisé) à certaines vérifications destinées à corriger d'éventuelles erreurs de traçage qui entraîneraient, dès le début des travaux, une déformation des cotes à reporter. Il suffira de penser à deux points, déterminés topographiquement par rapport au réseau extérieur et appartenant au périmètre de la projection horizontale d'une construction: à supposer que la distance

entre les coordonnées respectives doit représenter la longueur de la construction, il en résulte que l'erreur éventuelle constatée dans cette distance par rapport à la valeur prévue dans les plans d'exécution du bâtiment entraînerait nécessairement la déformation des cotes de détail contenues dans cette distance (fig. 1).

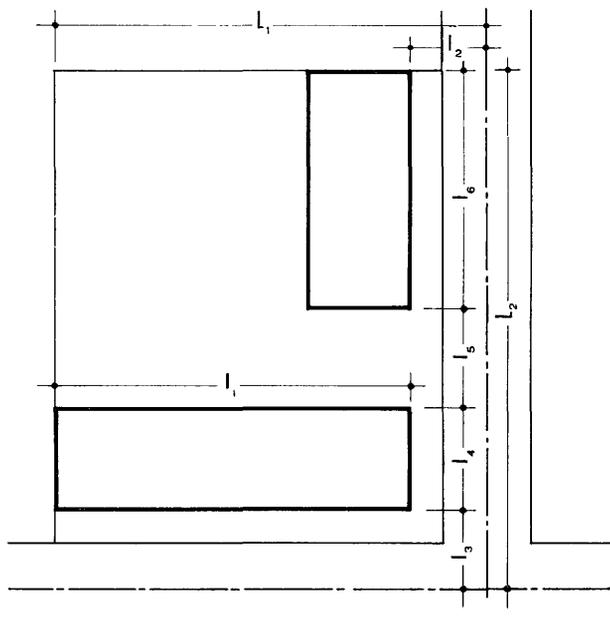


fig. 1

Raccordement de la projection horizontale d'un bâtiment au réseau topographique local (p. ex., axes routiers) et vérifications correspondantes:

$$L_1 = l_1 + l_2$$

$$L_2 = l_3 + l_4 + l_5 + l_6$$

2.2 Tracé de chantier

2.2.1 Généralités

Chaque élément de l'édifice doit être localisé dans l'espace au moyen d'un système de trois coordonnées de référence, dont une verticale et deux horizontales, ces deux dernières n'étant pas nécessairement perpendiculaires entre elles.

L'origine du système est, par convention, située en général sur la surface supérieure brute du premier plancher hors terre pris comme plan $Z=0$.

Cette convention s'explique pour des raisons tenant à la construction, car la surface supérieure brute du premier plancher définit ainsi un élément de séparation entre les deux parties de la structure (superstructure et infrastructure) qui exigent le plus souvent des procédés de traçage et des moyens d'exécution différents.

Il est en outre très important de souligner l'utilité de l'existence, pour les deux zones, d'un élément de contact pouvant servir de départ pour les reports dans le sens vertical, aussi bien en cote positive qu'en cote négative. Il est bon que cet élément soit obtenu, là où le projet de répartition des éléments formant la superstructure et l'infrastructure le permet, à l'aide des axes horizontaux de référence à la cote $Z=0$.

En opérant ainsi, on obtient deux familles de reports: l'une concernant l'infrastructure, l'autre la superstructure. Chacune de ces deux familles est affectée d'un coefficient propre de propagation de l'erreur, fonction de la précision que l'on peut obtenir dans le moyen d'exécution utilisé pour le report, lequel est généralement différent pour les deux parties de la construction et dont on parlera plus loin. D'autre part, ces deux familles d'erreurs, émanant du même plan de séparation $Z=0$, annulent sur ce plan l'hétérogénéité relative.

L'utilité de l'élément de contact au plan $Z=0$ apparaît dans l'élévation verticale de la situation des repères de base sur les étages à tracer à l'aide du planicoordinatographe zénithal (dont on parlera ci-après), car celui-ci présuppose la matérialisation des axes de référence sur le plan de base par des repères situés sur le périmètre extérieur de l'infrastructure de l'immeuble. Ceci a notamment été expérimenté sur le chantier expérimental italien (Milan-Forlanini) et sur le chantier français (Konacker).

Le choix des axes horizontaux constituant le repérage planimétrique implique un examen préalable des nécessités afférentes à chaque immeuble individuel; ceci parce que ces nécessités fonctionnelles créent des servitudes qui sont fonction de deux aspects impératifs du problème, à savoir:

- a) Le choix des axes en fonction de la possibilité de leur report à la cote voulue;
- b) Le choix des axes en fonction de la planimétrie de l'édifice et en prévision du traçage ultérieur des divers points nécessaires aux plans de mise en place des éléments de construction.

A la solution du premier problème concourent les propriétés intrinsèques de l'appareil de report, les caractéristiques altimétriques de la construction, la nature de la zone environnante.

La solution du second problème est par contre subordonnée à ses caractères distributifs et, notamment, à l'emploi répété des éléments de construction, dont découle l'adaptation des principaux axes horizontaux de repérage et de l'origine, en vue d'obtenir une variabilité dimensionnelle minimale lors du traçage aux différents niveaux.

Le choix optimal des axes de repérage horizontaux est toutefois facilité par la souplesse de la méthode, qui permet implicitement, pour répondre aux nécessités particulières d'un projet, d'établir plusieurs origines conventionnelles comme intersections de plusieurs couples d'alignements principaux, à condition de se maintenir dans de justes limites.

Une subdivision excessive en zones du champ de repérage des éléments de construction de l'édifice serait en effet contraire à l'esprit de la méthode, qui vise à une faible amplitude de l'erreur de report; il est en effet évident que plusieurs axes et plusieurs origines de mesures entraîneraient des erreurs systématiques fort complexes aux limites des zones d'influence de chaque repérage.

Les expériences réalisées sur les chantiers français et italien ont mis en évidence la justesse des considérations qui précèdent. Il est ressorti de ces expériences que l'optimum pour la zone d'influence d'un système de repérage est représenté, pour un bâtiment rectangulaire en plan, par une série d'axes parallèles au petit côté du rectangle, distants les uns des autres de 20 mètres au maximum, et par un axe longitudinal parallèle au grand côté, coupant tous les axes précédents.

2.22 Réalisation du couple d'axes de référence

Il convient d'exposer la méthode permettant d'obtenir un couple d'axes horizontaux orthogonaux sur le plan de base. Ils seront choisis à la lumière des considérations précédentes et leur mode de réalisation est la condition préalable logique pour la description des caractéristiques du plan $Z=0$, indépendamment de l'instrument dont on se servira pour reporter les alignements eux-mêmes en cotes positives ou négatives par rapport à ce plan. Il s'agit de déterminer sur le plan de base, pour chaque alignement, deux points situés de part et d'autre de la projection horizontale du bâtiment à construire. La distance qui sépare ces points du périmètre futur du bâtiment doit être au moins égale au double de la hauteur du bâtiment, si l'on prévoit le report des alignements aux niveaux supérieurs à l'aide du tachéomètre: ceci est dû aux exigences de construction de l'appareil et à la nécessité d'une visée facile. Si l'on prévoit, par contre, d'utiliser le «planicoordinatographe zénithal» (voir plus loin), ce handicap disparaît.

Dans la pratique, on repère très bien ces points par le procédé topographique, qui assure davantage l'orthogonalité des axes dans le cas considéré ou, en tout cas, la lecture de l'angle formé par leur intersection, lorsqu'il s'agit d'alignements obliques.

Il est clair en effet qu'une erreur même faible dans la position planimétrique des repères principaux entraînerait des erreurs qu'il ne serait plus facile de contrôler dans les mesures ultérieures à effectuer aux différents niveaux. Une déformation totale du maillage du tracé serait alors inévitable et les opérations de contrôle des tracés aux divers niveaux perdraient toute signification, car des divergences éventuelles de mesure pourraient provenir de la position planimétrique erronée des axes.

Les observations qui précèdent peuvent être considérées comme revêtant une importance fondamentale; c'est ce qui a été constaté sur le chantier expérimental italien pour deux bâtiments à tracé traditionnel: les contrôles effectués aux divers niveaux ont démontré nettement l'existence d'une erreur systématique due à la position erronée des axes de repérage au plan. Cela s'explique facilement lorsqu'on observe que le tracé préliminaire du chantier est en général effectué avec des moyens de mesure rudimentaires ou, parfois, avec des moyens convenables mais avec une expérience insuffisante quant à la manière de les employer.

Il ressort des considérations qui précèdent qu'il convient de suivre, pour matérialiser au plan de base les alignements de référence, la procédure exposée ci-après (fig. 2):

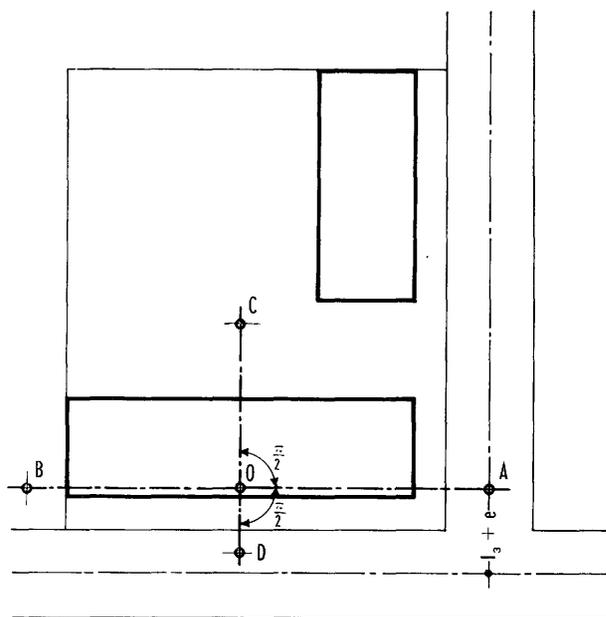


fig. 2

Réalisation d'un couple d'axes orthogonaux de référence sur le plan de base

Avec la méthode d'implantation traditionnelle, en se référant aux points ou aux directions de base du tracé topographique, on établit sur le terrain deux points (A et B) appartenant à la direction choisie pour l'alignement 1 A (les moyens de matérialiser ces deux points: piliers de visée, pilots enterrés, etc. sont bien connus et très variés).

Sur cette direction, on fixe la position de l'origine O par une mesure linéaire à partir de A ou de B, après détermination des coordonnées respectives par rapport aux repères de base.

Placer approximativement et horizontalement en C une petite mire divisée. Stationner avec le tachéomètre en O.

1. Position cercle à gauche et avec un pointé sur A comme origine. Déplacer le mouvement particulier limbe lunette de $\frac{\pi}{2}$ vers C. Lire la valeur sur la mire placée en C.
2. Position cercle à droite (c'est-à-dire après avoir retourné la lunette) effectuer la même opération que dans la position cercle à gauche, c'est-à-dire pointé sur A, déplacement angulaire de $\frac{\pi}{2}$ vers C. Lire la valeur sur la mire placée en C.

La moyenne de ces deux valeurs donne la direction OC exacte.

Pour les instruments ayant un mouvement général et dans le but d'éliminer les erreurs de graduation du limbe et de diminuer l'erreur de sensibilité de lecture, l'opération précitée doit être exécutée en exploitant les 4 cadrans du limbe dans les 2 positions, cercle à gauche et cercle à droite. Il suffira à chaque pointé origine de déplacer le mouvement général de l'instrument afin d'amener une lecture quelconque du cadran désiré. Enfin, de provoquer au mouvement particulier le déplacement angulaire prévu de $\frac{\pi}{2}$ vers C. La moyenne de toutes les lectures effectuées sur la mire horizontale autour de C sera considérée comme la direction définitive à laquelle appartient le point C, direction qui est reportée sur le plan de base à l'aide du fil à plomb abaissé à partir de la mire.

Cette procédure se justifie du fait qu'avec un appareil permettant les lectures directes de l'ordre de la minute, l'erreur maximale dont pourrait être entachée une lecture est de 1', à laquelle correspond par exemple un déplacement linéaire de 3 mm à une distance de 10 m.

En opérant ainsi, on a pratiquement annulé les erreurs de collimation azimutale et d'excentricité de l'instrument et on a diminué l'erreur due à la sensibilité de lecture. On peut considérer l'influence de l'erreur de verticalité comme négligeable, même pour une dénivellation de 10 m entre les points visés sur le plan de base. Les techniciens belges ont fait observer que, même en suivant la procédure qui vient d'être décrite, on peut constater, dans la réalisation de la direction OC, une erreur due à un défaut de centrage de l'instrument sur le point O.

Pour repérer un point D permettant de matérialiser avec C l'axe idéal CD sur le plan de base, on pourrait opérer comme précédemment en visant vers A et en faisant les lectures de $\frac{\pi}{2}$ dans le sens de D. Une méthode plus rapide consiste à mettre l'appareil en station sur le nouveau point déterminé C et, en visant vers O, à matérialiser un repère D situé sur l'axe de visée C O.

2.23 Réalisation du plan $Z = 0$

On a parlé du plan $Z=0$ et de son rôle d'élément de contact entre les deux familles de reports à cotes positives et négatives par rapport à lui.

Nous exposons ici la méthode, du reste traditionnelle, qui permet la réalisation pratique de cet élément de coordination.

Il convient d'observer que le plan $Z=0$ ne doit pas nécessairement coïncider avec l'extrados brut du premier plancher hors terre; ce plan doit plutôt être conçu comme une surface idéale à laquelle appartient la matérialisation aérienne (à l'aide de fils tendus) des alignements principaux et des alignements dérivés de ceux-ci, qui pourront servir pour le tracé de la structure au-dessous du sol. De cette manière, on parvient à supprimer toute servitude imposée par le projet sur les cotes altimétriques du bâtiment, dont la solution pourra, par conséquent, être étudiée à part.

Ceci dit, on se préoccupe de circonscrire le périmètre de l'édifice à construire à l'aide de planches disposées en rectangle, bien équarries, fixées à des chevalets posés solidement sur le sol (assez éloignées des façades de l'immeuble pour que leur stabilité ne soit pas compromise pendant les fouilles), le bord supérieur étant en position à peu près horizontale⁽¹⁾.

Pour les opérations suivantes, il suffira que la dénivellation entre le dessus des planches situées de part et d'autre du bâtiment ne dépasse pas l'ordre de grandeur du décimètre; il est toutefois indispensable que soit respectée l'orthogonalité des quatre angles du rectangle. En effet, les planches ainsi mises en place doivent servir à matérialiser tous les alignements nécessaires au repérage des éléments supportant l'infrastructure; ceux-ci sont définis par des couples de points tracés sur le bord des planches et obtenus en tendant des fils d'acier (fig. 3).

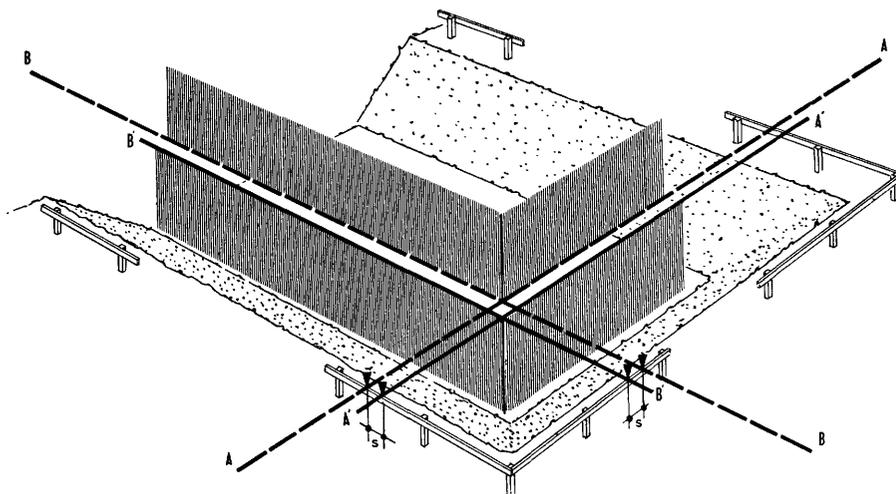


fig. 3

Réalisation du plan $Z=0$;

matérialisation sur le bord des planches des alignements principaux, précédemment réalisés sur le plan de base (A-A; B-B); matérialisation des axes A'-A' B'-B' tirés des précédents, pour les traçages à cote négative

Il importe de noter à cet effet que, si l'on fait coïncider deux de ces fils avec les directions des axes de repérage déjà matérialisés sur le plan de base, l'élément de contact entre les deux zones est complètement défini; tous les autres alignements nécessaires aux reports négatifs peuvent être obtenus par des mesures reportées directement depuis les premiers sur le bord des planches.

La méthode du report des repères, propres à la mise en place des fils d'acier, sur les bords des planches, a été particulièrement étudiée sur le chantier néerlandais de Heemskerk, où le problème des traçages de l'infrastructure a été traité d'une manière spéciale.

Ainsi par exemple, pour la mise en place de chaque fil d'acier, on a pratiqué une entaille à la scie, sous un angle de 45° environ, sur la partie externe de l'épaisseur des planches, afin de définir avec une certaine précision la direction du fil.

2.24 Report des alignements à cote négative par rapport au plan $Z = 0$

La matérialisation effective, au niveau d'exécution, des alignements nécessaires à la mise en place des éléments de l'infrastructure consiste à reporter sur le plan d'exécution toutes les directions préalablement déterminées à l'aide de fils tendus sur le plan idéal $Z=0$.

Le mode d'exécution prévu pour le report est le fil à plomb.

Chaque point d'intersection des fils tendus entre les chevalets sera reporté sur le plan d'exécution inférieur, comme l'intersection des deux projections orthogonales des fils qui serait obtenue par deux plombs pour chacun d'eux (fig. 4).

⁽¹⁾ Opération appelée ordinairement dans la plupart des régions françaises «pose des chaises».



fig. 4

Chantier allemand de Salzgitter-Lebenstedt

Mise en place sur le plan de base de planches fixées à des chevalets fichés dans le sol; le bord des planches est approximativement horizontal; matérialisation des alignements principaux à l'aide de fils tendus

Un moyen pratique d'accélérer le processus, en évitant le report d'un grand nombre de points, consiste à ne réaliser sur le plan $Z=0$ (par des repères convenables entaillés sur le bord des planches) qu'un nombre limité d'alignements orthogonaux dérivés des alignements principaux, afin d'obtenir, sur le plan d'exécution, un système fonctionnel d'axes de repérage et d'origines (leurs intersections), d'où l'on puisse tirer les cotes de détail nécessaires à la mise en place de tous les éléments de l'infrastructure. A cette fin, on pourra utiliser le ruban métallique millimétré et les pinces de traçage dont on parlera à propos des tracés horizontaux aux plans de la superstructure, selon un plan de traçage détaillé.

2.25 Report des axes de repérage à cote positive par rapport au plan $Z = 0$: emploi d'un appareil optique (tachéomètre)

Pour que la vérification des cotes impératives, à chaque niveau de la superstructure du bâtiment, soit indépendante de la position et, par conséquent, des erreurs des éléments sous-jacents (répondant ainsi à la valeur spéciale de la méthode), il faut que le report des axes principaux, dont l'intersection matérialise l'origine conventionnelle aux diverses cotes, ait lieu par référence aux couples d'alignements principaux réalisés, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, sur le plan de base.

L'emploi d'un appareil optique (tachéomètre) pour les reports en question suppose que l'on ait déterminé, sur le plan de base, deux autres points sur les directions des axes principaux, situés de part et d'autre du bâtiment et à proximité de son périmètre. On les matérialise en construisant un pilier de béton d'un mètre de haut environ, parfaitement vertical, dont on puisse viser facilement l'extrémité avec l'appareil mis en station sur les points principaux extrêmes de l'alignement repérés comme il a été exposé aux paragraphes précédents. Ces points, on s'en souviendra, doivent être situés à une distance du futur périmètre du bâtiment au moins égale au double de sa hauteur.

La figure 5 illustre le report aux divers plans, à l'aide du tachéomètre, de l'un des alignements principaux: il convient naturellement de procéder de façon analogue pour le report de l'autre alignement.

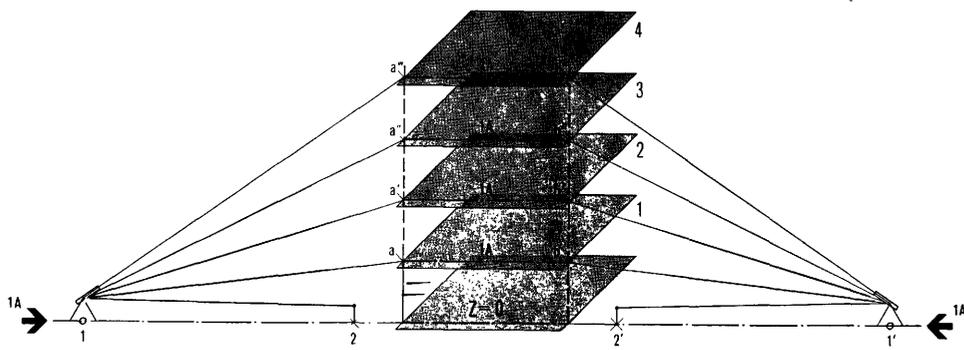


fig. 5

Emploi de l'appareil optique (tachéomètre) pour le report d'un axe de référence à cote positive par rapport au plan $Z=0$

Il apparaît par conséquent nécessaire que les marques concernant chaque alignement principal puissent toujours être repérées de chaque côté du bâtiment; c'est pourquoi elles seront matérialisées par les quatre piliers 1, 2, 1', 2', les points 1 et 1' étant les points où l'on devra mettre l'appareil en station.

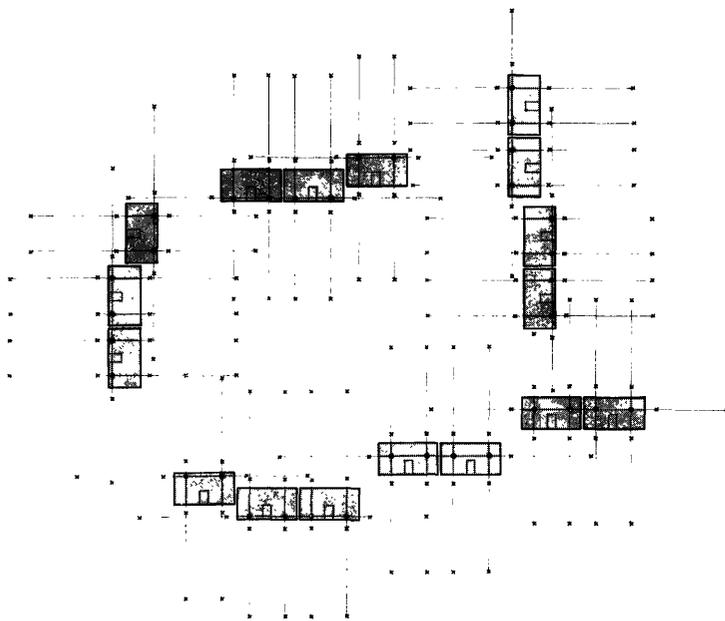


fig. 6

Chantiers expérimentaux belges

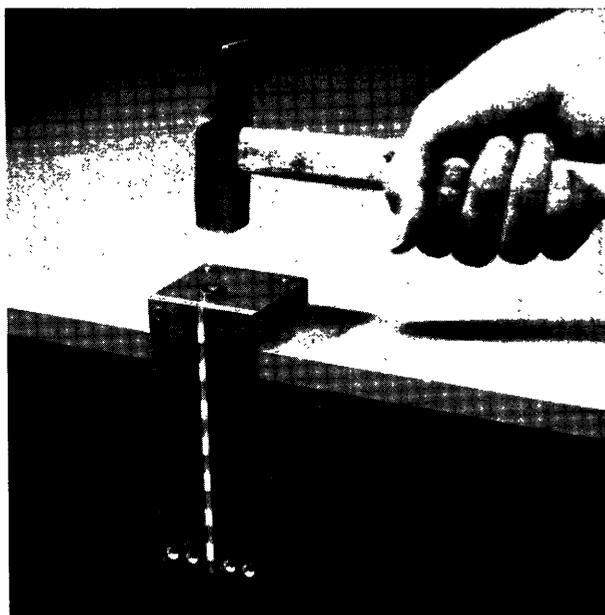
Schéma général des axes de référence sur le plan de base et points correspondants de station et de visée pour le report d'alignements aux divers niveaux avec un appareil optique (tachéomètre)

Le processus suivi pour les opérations de report d'un alignement à une cote déterminée est alors le suivant:

- (i) Après avoir placé l'appareil en station en 1, *cercle à gauche*, et effectué un pointé sur le repère 2, en utilisant les vis de blocage et de rappel appropriées, il suffit de viser le bord supérieur de la dalle du plan immédiatement supérieur; un ouvrier se trouvant sur ladite dalle la griffe avec une pointe fine au droit du plan de visée. Cette pointe peut être solidaire d'une petite mire que l'on vise (fig. 7) de manière à faciliter et à rendre plus précise et plus sûre la matérialisation du point. La même opération est répétée dans la position *cercle à droite*, on matérialise un nouveau point sur le dessus de la dalle; le point moyen des deux matérialisations successives est soustrait à l'influence des erreurs instrumentales de collimation azimutale et d'excentricité de l'axe optique ou de l'instrument.
- (ii) Cette opération terminée, on campe l'instrument sur 1'; on vise le repère 2' et l'on procède aux mêmes opérations que celles effectuées sur la station 1, c'est-à-dire position *cercle à gauche* et *cercle à droite*. La moyenne des deux pointés permet de matérialiser le point (b).

L'alignement au niveau 1 est ainsi totalement exécuté: un fil tendu, capable de laisser une trace bien visible sur le dessus de la dalle entre les points marqués, le matérialisera sur le plan.

fig.7



Mire mobile

Ce système est naturellement valable pour les plans suivants et la figure 5 illustre tout le processus.

Pour la matérialisation des alignements en étage, on a utilisé avec des résultats positifs, sur le chantier français de Konacker, un cordeau imprégné de bleu de Prusse; sur le chantier italien de Milan-Forlanini, on a voulu expérimenter le bleu de Prusse et le noir de fumée. On a constaté d'ailleurs qu'avec des conditions atmosphériques défavorables, les traces tendaient à disparaître; l'emploi de la craie a remédié à cet inconvénient, car l'eau, au lieu d'effacer la trace, la fixe davantage au béton de la semelle.

L'esprit de la méthode, susceptible de recevoir des interprétations différentes, a ainsi été illustré clairement dans les divers exemples pratiques.

L'extension à des axes obliques, imposés par les besoins particuliers du plan du bâtiment, est immédiate; le seul obstacle nouveau réside dans la limitation du champ de variabilité de l'angle créé par l'intersection des deux alignements: il sera nécessaire d'éviter de descendre au-dessous d'une certaine valeur pour ne pas provoquer une erreur sensible dans la matérialisation de l'origine des axes.

Il semble d'ailleurs évident que l'obstacle le plus restrictif afférent à la méthode exposée, et particulièrement important dans le cas d'axes de repérage orthogonaux horizontaux, est la nécessité de disposer, pour placer l'appareil, de points fixes extérieurs à l'immeuble, sur le plan de base et à une distance de l'immeuble qui peut, dans de nombreux cas, atteindre des valeurs assez élevées pour rendre inapplicable la méthode décrite.

Une variante de pure forme de cette méthode peut parfois remédier à cet inconvénient. Il s'agit de matérialiser à l'extérieur du bâtiment des axes obliques de repérage, toujours au moyen de couples de piquets sur les côtés opposés du bâtiment. La figure 8 illustre cette idée.

En visant dans la direction des axes extérieurs obliques, on bénéficie d'un plus grand éloignement des façades de l'immeuble intéressant une moindre surface de travail. Il subsiste cependant un obstacle sérieux, même avec ce procédé, car en admettant une divergence moyenne de

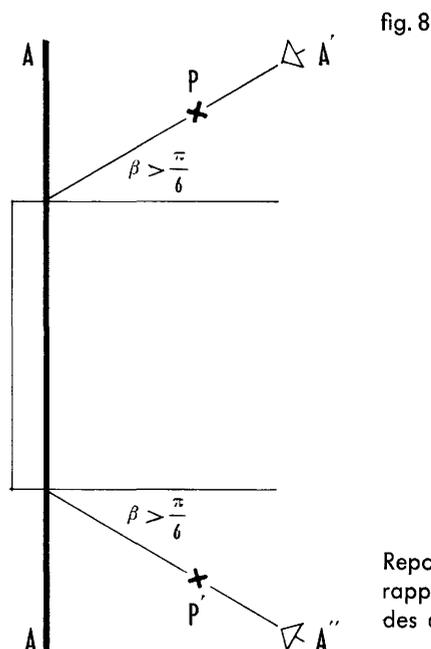


fig. 8

Report d'un axe de référence à cote positive par rapport au plan $Z=0$ avec un appareil optique et des axes extérieurs obliques

5 millimètres entre les périmètres extérieurs des dalles aux divers niveaux, l'angle β d'incidence de l'axe idéal de visée entraînerait déjà pour une valeur de 30° un déplacement de 9 mm environ entre les axes de repérage supérieur et inférieur. Pour pouvoir opérer selon cette méthode, il faut donc avoir prévu – ce qui est rarement le cas – une grande précision dans la réalisation planimétrique des périmètres des différentes dalles.

L'emploi de l'appareil optique, expérimenté sur les chantiers français, italien, néerlandais, a fait apparaître l'importance considérable de toutes les limites, prévues ou démontrées, de cet appareil. Il faut ajouter à ces limites l'allongement considérable de la durée des opérations de report par comparaison avec l'emploi du fil à plomb; un relevé intéressant des temps, fait sur le chantier français, donne un rapport de 1 à 3.

2.26 Report des axes de repérage à cote positive par rapport au plan $Z = 0$: emploi du fil à plomb

Pour répondre aux besoins particuliers de distribution, qui sont fréquents et empêchent de se servir de l'appareil optique, et pour proposer en même temps une méthode plus simple et se rapprochant davantage de la tradition suivie dans le bâtiment, tout en respectant l'esprit de la méthode, la collaboration entre les instituts français et italien a abouti à la normalisation rationnelle de l'emploi du fil à plomb par référence à des directions toujours déterminées par des opérations topographiques sur le plan de base.

L'idée de construire un appareil qui, en utilisant les propriétés du fil à plomb, permettrait de reporter une direction dans un plan vertical avec un degré de précision supérieur à celui donné par l'emploi traditionnel de ce fil à plomb, est venue de la petite mire mobile proposée pour faciliter la matérialisation sur le plan d'un point appartenant à un alignement principal à l'aide du tachéomètre. J. Noiré a expérimenté cet appareil pour la première fois sur le chantier français de Konacker (fig. 9, 10, 11).

Le centre italien en a fait par la suite un prototype, en en étendant l'emploi au report d'une cote planimétrique en élévation et, pour cette raison, il l'a appelé *planicoordinatographe zénithal*.

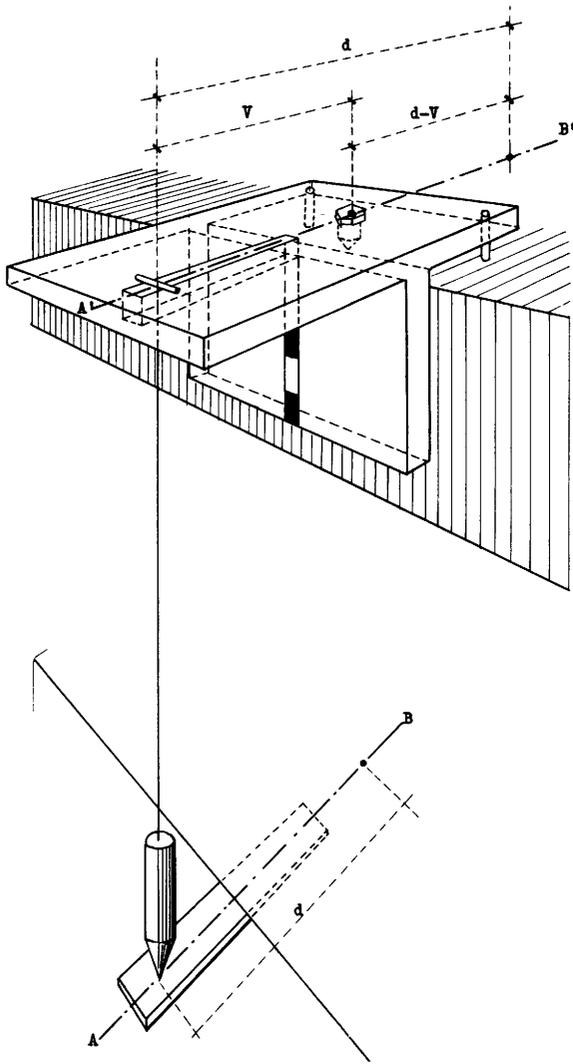


fig. 9 (à gauche)

«Tremplin de traçage» pour le report vertical d'une direction horizontale

Après amélioration de l'instrument par l'institut italien, il est appelé «planicoordinatographe»

fig. 10 (ci-dessous)

Chantier expérimental français de Nilvange (Konacker)

Schéma de report aux étages des points de base ($Z=0$) et construction en étage du tracé par la méthode d'intersection des arcs

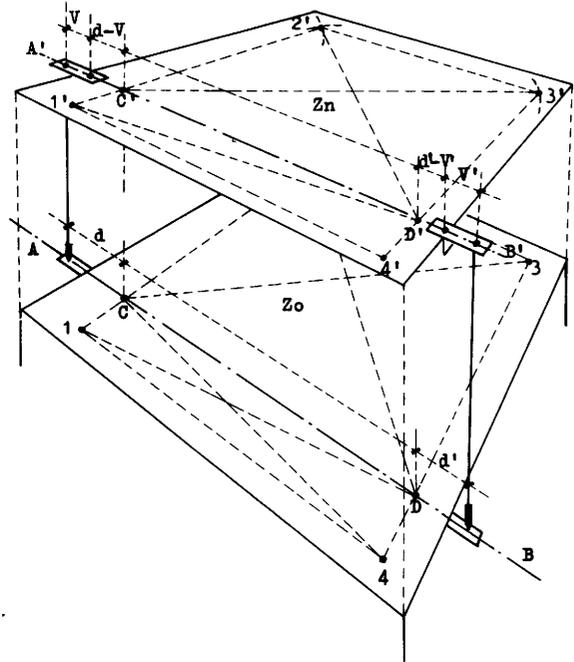
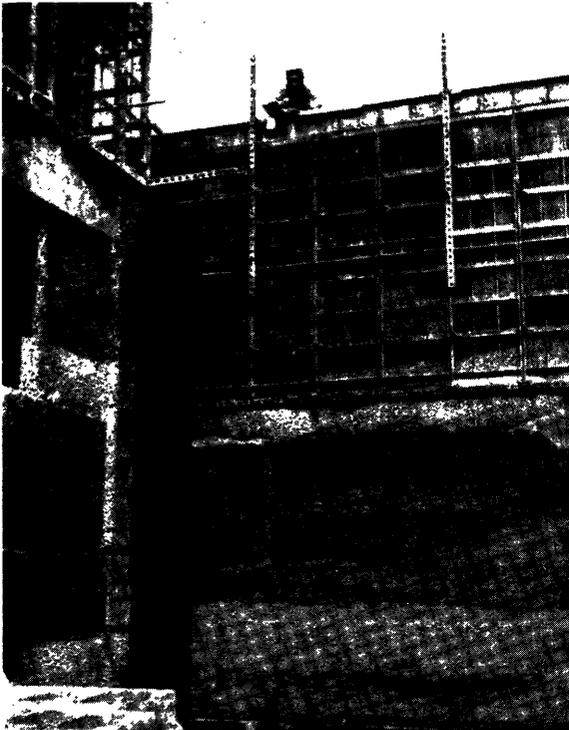


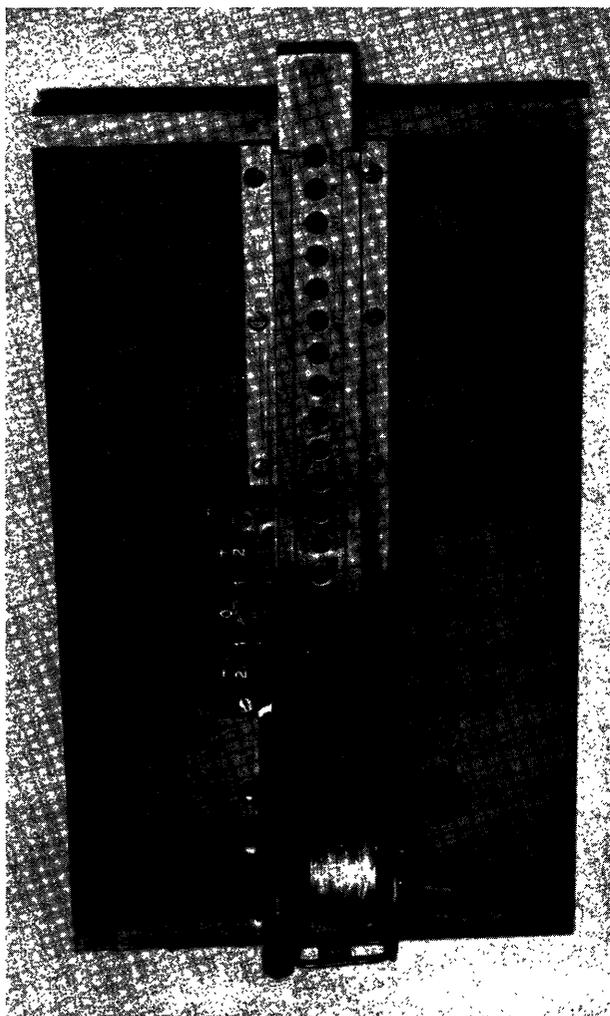
fig. 11

Emploi du «tremplin de traçage» sur le chantier de Nilvange (Konacker)



2.261 Description de l'appareil

fig. 12



Le «planicoordinatographe zénithal»

L'appareil se compose de deux plaques en contreplaqué réunies en forme de T et pouvant résister sans dommages appréciables aux conditions d'emploi sur le chantier; il est muni de cornières de renforts en laiton au droit des dièdres et des bords.

Dans l'axe d'une aile, dans le sens longitudinal, est pratiquée une fente munie d'une glissière métallique, dans laquelle peut courir un curseur également métallique, qui porte une graduation en centimètres, matérialisée par des trous calibrés de diamètre convenable dans lesquels peut être fixée une fiche.

Dans la partie terminale du curseur, au droit de l'origine de la graduation, un petit cylindre permet le passage calibré d'un fil de nylon. Celui-ci peut être enroulé sur une petite poulie spéciale, solidaire de la partie mobile de l'appareil. Le fil peut descendre facilement et commodément à travers le petit cylindre et la fente pratiquée dans le bois, car sa partie terminale est reliée à un premier plomb de dimension convenablement choisie.

Ce premier plomb se termine par un filetage qui lui permet, une fois descendu jusqu'à la cote altimétrique désirée, d'être relié à un plomb lourd stabilisateur. Celui-ci peut être immergé dans un bain d'huile de manière à atteindre rapidement et à conserver la direction de la verticale géoïdique.

2.262 Emploi de l'appareil

L'emploi de l'appareil pour reporter, tant des directions en sens vertical que des cotes planimétriques en sens vertical, suppose que l'alignement à reporter est matérialisé sur le plan $Z=0$ ou, en tout cas, sur un plan choisi comme référence.

Pour préciser davantage ce que nous venons de dire, prenons pour hypothèse un bâtiment à plan rectangulaire.

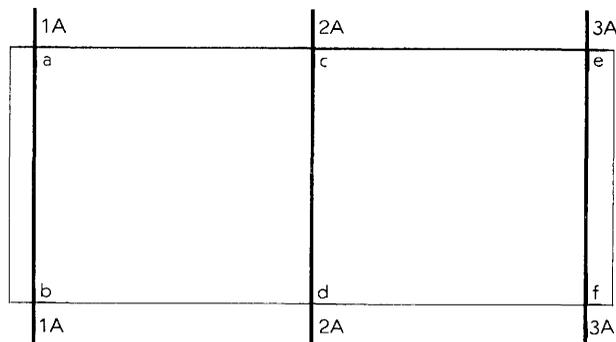


fig. 13

La figure 13 montre schématiquement le périmètre à la cote $Z=0$ et la matérialisation des alignements principaux à reporter 1 A, 2 A, 3 A.

Ceux-ci sont totalement déterminés lorsque, par exemple, on fixe contre la surface externe du bâtiment des plaques bien planes, sur lesquelles ont été reportées des lignes appartenant aux plans verticaux 1 A, 2 A, 3 A par une opération topographique rapportée aux couples de points qui font partie des axes principaux matérialisés sur le plan de base et sur le bord des planches.

2.263 Emploi de l'appareil pour le report des directions

Ceci dit, pour reporter au niveau $Z=Z_i$, par exemple, l'alignement 1 A, on procède de la manière suivante. On place l'appareil à l'équerre contre le bord externe de la dalle de cote $Z=Z_i$ dans une zone assez rapprochée du plan vertical 1 A. On descend le premier plomb en libérant le petit treuil ou le moulinet. On fixe au bas, légèrement en dessous du plan auquel se trouve la plaque de repérage, le plomb stabilisateur. Un ouvrier qui se trouve à côté de la plaque aide, à l'aide d'une petite équerre tenue perpendiculairement à la ligne marquée sur la plaque, l'ouvrier qui se trouve au-dessus au plan $Z=Z_i$ à déplacer légèrement l'appareil suivant le bord de la dalle jusqu'à ce que le fil se trouve parfaitement en ligne avec l'équerre, sans qu'il y ait contact.

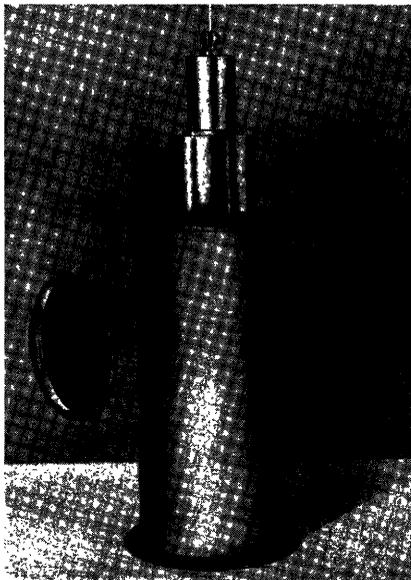
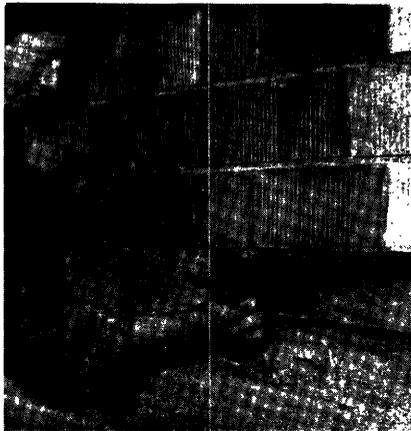
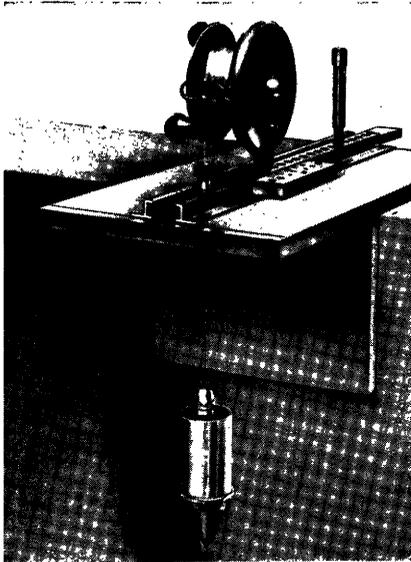


fig. 14

Chantier expérimental italien de Milan-
Forlanini

Le matériel pour le report vertical de
directions horizontales et son emploi

Ce résultat obtenu, l'ouvrier à la cote $Z=Z_i$ met une fiche dans un trou quelconque du curseur, matérialisant ainsi un point sur la dalle qui appartient à l'alignement 1 A. La même opération, répétée du côté opposé, permet de tracer sur la semelle $Z=Z_i$ l'alignement 1 A selon la même méthode que celle qui a été décrite à propos du tachéomètre.

2.264 Emploi de l'appareil pour le report en sens vertical de cotes planimétriques

Le report en sens vertical de cotes planimétriques n'est possible que dans la zone d'influence du curseur de l'appareil. Il est, d'autre part, très utile, car il permet de réaliser, en même temps qu'un alignement général, des couples de points (a b, c d, e f) appartenant à cet alignement et planimétriquement définis, points qui rendent possible la détermination simultanée des origines des mesures sur le plan $Z=Z_i$ et, en conséquence, les alignements 4 A et 5 A perpendiculaires à 1 A, 2 A et 3 A.

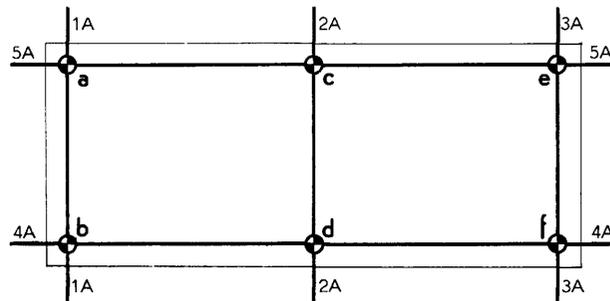


fig. 15

On opère comme précédemment, jusqu'à ce que le fil se trouve parfaitement en ligne avec la petite équerre de base. A ce moment, l'ouvrier qui manœuvre la petite équerre, en se servant de sa graduation en millimètres, aide l'ouvrier qui se trouve sur le plan $Z=Z_i$ à déplacer le curseur (perpendiculairement au bord de la dalle), jusqu'à ce que le fil se trouve parfaitement en ligne avec une marque d'une graduation portée par l'équerre, marque correspondant nécessairement à un nombre entier y de cm. L'ouvrier sur le plan $Z=Z_i$ poinçonne le trou auquel correspond une graduation de $y \pm n$ cm, où y représente la mesure en cm lue sur l'équerre de base et n (nombre entier) une constante d'écart entre l'origine de la graduation de l'équerre de base et la coordonnée à reporter, déterminée au préalable sur le plan de traçage (fig. 16).

En opérant ainsi, on a déterminé un point appartenant à l'alignement 1 A et ayant une certaine ordonnée par rapport au bord de la dalle.

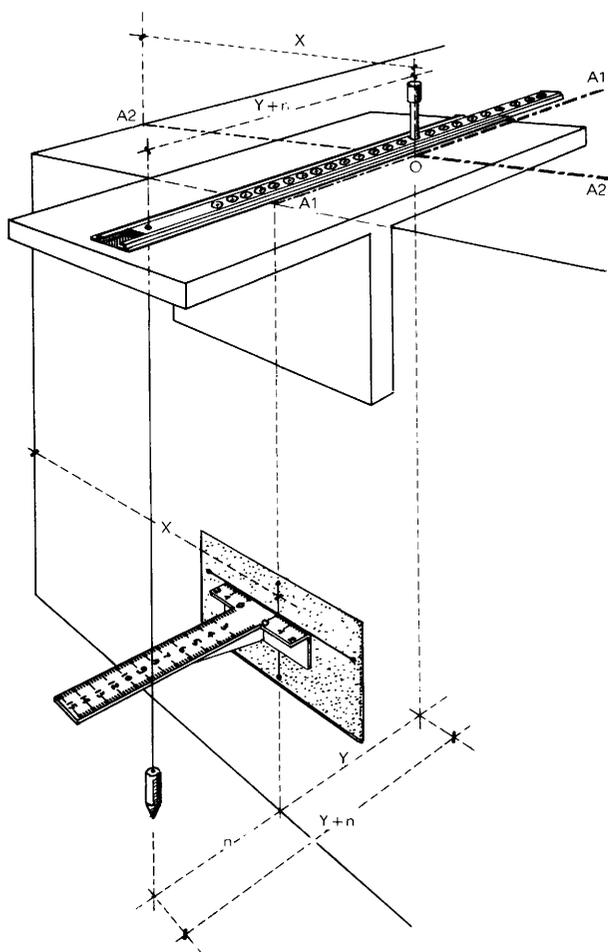
Dans ce cas, il est en outre possible de vérifier l'existence d'éventuels surplombs, une graduation auxiliaire fixe, dont l'origine correspond au dièdre de l'appareil, permet de les évaluer à 1 mm près.

Le «planicoordinatographe», ainsi que nous l'avons dit, a été utilisé sur le chantier italien de Milan-Forlanini, où les reports ont été exécutés par une équipe composée de trois ouvriers qui, après une brève période d'initiation à l'emploi du nouvel appareil, limitée aux aplombs relatifs à une dalle, effectuèrent les opérations avec célérité: ils constatèrent eux aussi la commodité, et l'utilité de cet appareil et sa meilleure précision par rapport aux méthodes traditionnelles.

Le temps nécessaire pour réaliser l'aplomb variait entre 3 et 4 minutes (chiffres relevés jusqu'au report à la dernière dalle à la cote + 10,56 m). Il convient toutefois d'ajouter quelques remarques précisant les limites de l'appareil et quelques suggestions en vue de son amélioration.

On constate aisément que la précision obtenue dans le repérage de l'ordonnée est fonction de la perpendicularité entre le bord de la dalle et la direction de l'alignement auquel doit appartenir l'ordonnée.

fig. 16



Coordinatographe pour le report vertical de directions et de cotes horizontales

Il faut toutefois observer que la possibilité de reporter une coordonnée est limitée à la zone d'influence du curseur; dans le cas du prototype italien, on ne dépasse pas 11 cm à partir du bord extérieur de la dalle; dans le cas particulier de l'emploi de l'appareil à Milan-Forlanini (périmètre en maçonnerie), l'ordonnée par rapport au bord extérieur se ramène à 8 cm. Cette limitation rend négligeable l'erreur de perpendicularité entre la direction du bord de la dalle et la direction de l'alignement à reporter.

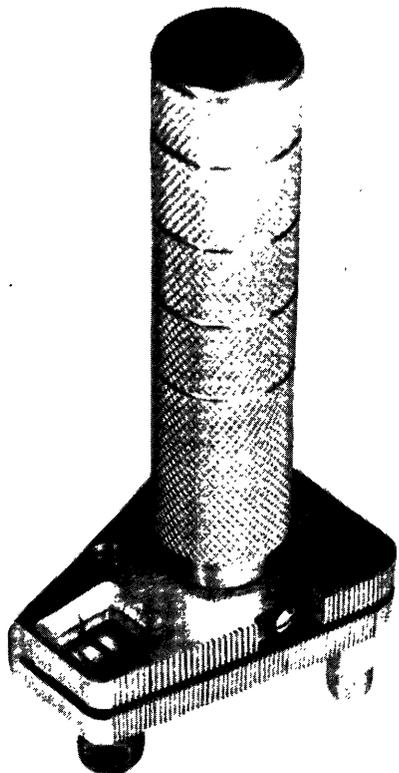
Un moyen pratique d'accélérer les opérations, surtout lorsque les cotes auxquelles on doit reporter les points atteignent des valeurs considérables, consisterait à munir l'appareil de deux vis micrométriques, pouvant imprimer de légers déplacements au dièdre de l'appareil en direction du bord de la semelle et à son curseur en direction perpendiculaire. Dans ces conditions, le planicoordinatographe ayant été placé en un lieu assez proche du plan vertical contenant l'alignement à reporter, les mises au point ultérieures en vue de déterminer la position exacte seraient transmises par l'ouvrier qui se trouve à côté de l'équerre de base à l'aide des coordonnées du fil à plomb, lues sur deux graduations orthogonales de ladite équerre, à l'ouvrier qui manœuvrerait l'appareil, celui-ci étant en mesure de déplacer cet appareil à l'aide des vis micrométriques.

Il est d'ailleurs évident que l'appareil, réalisé avec des dimensions adéquates aux chantiers étudiés, ne peut être considéré comme universel, c'est-à-dire valable pour toutes les catégories de construction, que pour le report des directions, mais, pour cette opération, il remplace avantageusement le tachéomètre.

3. Report de cotes dans le sens horizontal

Aux divers niveaux, on peut localiser la position des éléments du bâtiment à l'aide de mesures linéaires obtenues par un ruban millimétré en acier et des «pincés de traçage» (fig. 17).

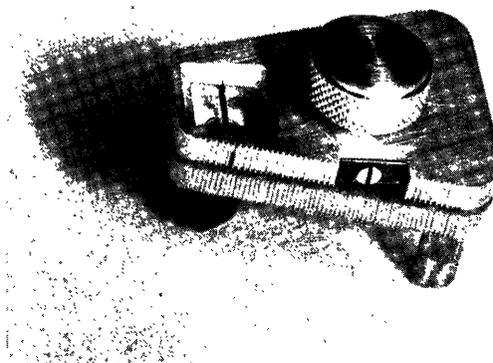
fig. 17



Pince du zéro

Pince de traçage

Emploi du mètre à ruban et des pincés de traçage



Le ruban gradué glisse entre ces pincés et il est bloqué à la mesure voulue par l'une des pincés, alors que l'autre, munie d'une poignée spéciale, bloque le mètre au zéro.

Les pincés facilitent les opérations de traçage, car elles permettent d'utiliser le double décimètre comme compas; elles diminuent en outre les risques d'erreurs de traçage, surtout l'erreur de parallaxe.

Si l'on prend bien soin de procéder aux lectures en bloquant toujours la pince de traçage à la mesure par excès, les erreurs de lecture prennent toujours la même importance et, restant inférieures à 1 mm, elles peuvent être négligées.

L'intervalle maximal de la tolérance que l'on peut attribuer à l'appareil composé ruban gradué à *ruban-pinces de traçage* peut être évalué par la formule

$$t = 0 + 0,5 L \text{ mm}$$

où L représente la longueur totale de la mesure linéaire, exprimée en mètres. Pour la justification de cette formule, voir en annexe la note sur le ruban millimétré.

Cette formule tient compte des erreurs d'étalonnage et des erreurs dues à l'allongement élastique du mètre, et elle peut être considérée comme valable pour une température ambiante de 20° C. Pour des températures supérieures ou inférieures, il conviendrait de tenir compte de la dilatation thermique du ruban d'acier et apporter la correction qui s'imposerait (positive ou négative), donnée par la formule

$$\Delta l = \lambda \Delta \vartheta l$$

où λ représente le coefficient de dilatation linéaire (12×10^{-6})

$\Delta \vartheta$ représente la différence de température entre le milieu ambiant et la température d'étalonnage de l'appareil, soit + 20° C.

l représente la longueur totale de la mesure linéaire effectuée, exprimée en mètres.

Il est bon de souligner à cet instant que les cotes reportées à l'aide du ruban de mesure et des pinces de traçage pour le repérage des points sont, en général, différentes de celles que l'on peut lire sur le plan de la construction, car elles dépendent du point choisi pour le repérage de l'élément de construction correspondant.

Les considérations qui précèdent soulignent la nécessité qu'il y a de mettre au point à l'avance un *plan détaillé de traçage*.

Dans l'élaboration de ce plan, on devra veiller à établir une classification chronologique des différentes opérations de report de cotes, celles-ci représentant un *optimum* par rapport à l'erreur moyenne possible, au temps nécessaire à l'achèvement des opérations, à l'emploi des ouvriers.

L'emploi de l'appareil qui vient d'être décrit pour les opérations de traçage est alors très simple.

A partir de l'origine des axes de référence, déjà matérialisés sur la dalle selon les méthodes décrites, on reporte le long d'un alignement principal (axe 1 A sur la fig. 18) la position successive des divers éléments considérés.

S'il s'avère nécessaire de localiser une seconde série d'éléments parallèle à la première et située à une distance préalablement fixée, on trace, avec l'origine comme centre et avec un rayon égal à la distance entre les deux séries d'éléments, un petit arc de cercle (a_1), puis avec comme centre le point 1), qui délimite la position du second élément de la première série, et avec pour rayon $K = \sqrt{0'0^2 + 0'1^2}$ on trace un petit arc de cercle (a_2) qui coupera le premier arc tracé au point donnant la position du premier élément de la seconde série (0') (1^{er} point).

On répète cette opération pour le dernier élément de la seconde série (n'), à partir du dernier (n) et de l'avant-dernier ($n-1$) de la première série.

L'alignement de la seconde série d'éléments est ainsi matérialisé par les deux points obtenus $0'$ et n' . Un contrôle au moment de l'exécution pourra consister à vérifier l'égalité de deux diagonales: (par exemple, $M=N$).

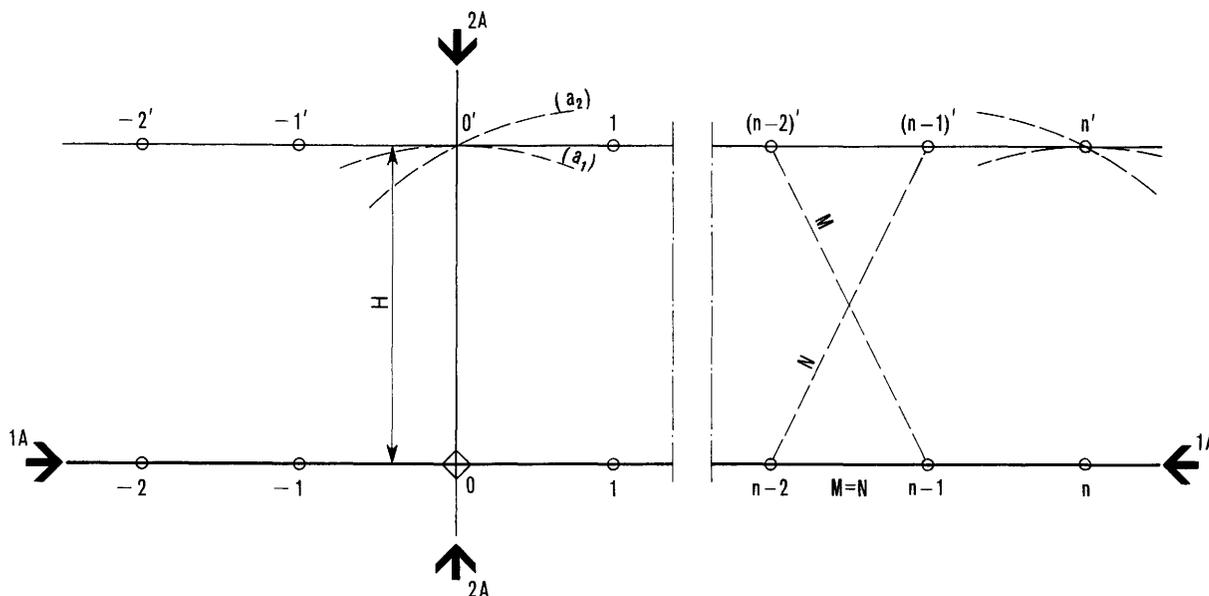


fig. 18 Schéma d'opérations de traçage en plan

On déduit de ce qui précède que la méthode décrite est indépendante du genre de repérage général adopté, car le principe du traçage de points au moyen de l'intersection d'arcs de cercle reste valable même pour des axes principaux obliques.

La méthode peut en tout cas s'appliquer à des tracés comportant des reports de cotes inférieurs ou égaux à 20 m; au delà de ce chiffre, on devra recourir à des axes principaux auxiliaires de référence, en déterminant ainsi plusieurs points d'origine des mesures, mais en évitant de trop subdiviser le champ de repérage des éléments de construction de l'immeuble pour les raisons déjà exposées aux paragraphes précédents. Il convient enfin de mentionner les améliorations de caractère technique qu'il est éventuellement possible d'apporter aux pinces de traçage décrites précédemment, afin de parvenir à une plus grande précision dans la matérialisation des points provenant de l'intersection de deux arcs de cercle. Il sera bon de penser à un perfectionnement des pinces permettant de tracer, plutôt que des arcs, des cordes ou des tangentes à l'aide d'un dispositif qui ne laisse pas à la discrétion de l'ouvrier la détermination de l'intersection des deux segments; il faudra également envisager la possibilité de prévoir, sur la pince de traçage, un moyen de tracer de manière stable les divers points déterminés, en évitant ainsi une erreur ultérieure au moment de la mise en place de repères durables sur la faible trace laissée par une simple opération de report.

Pour en terminer avec ce sujet, il est bon de préciser l'esprit qui doit présider au contrôle du traçage effectué. Il s'agit de déterminer *a priori* le champ de tolérance dimensionnelle afférent aux espaces qui, devant répondre à des nécessités de construction particulières, exigent d'être bien caractérisés, et de déterminer les champs de tolérance les plus significatifs, parce que fixés

par une succession soignée de mesures, ainsi que d'en vérifier *a posteriori* la correspondance. On procède à l'étude préalable des champs de variabilité dimensionnelle à la lumière des erreurs propres à l'appareil composé *pincés de traçage-ruban d'acier*, analysé ci-dessus, en considérant la progression des erreurs pouvant résulter du maillage.

La méthode de traçage qui vient d'être exposée a été appliquée sur les chantiers français, néerlandais et italiens, et elle a donné lieu aux observations intéressantes et utiles qui suivent.

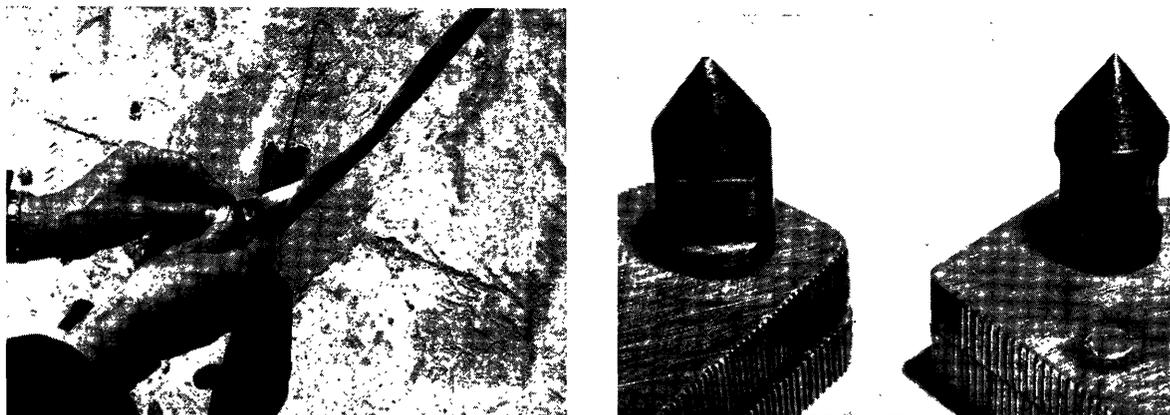


fig. 19

Chantier expérimental néerlandais de Heemskerk
Vrillage du mètre à ruban;
usure de la pointe de la pince de traçage

La rugosité particulière du plan de travail, due à la dimension des agrégats, a rendu particulièrement difficiles les opérations de traçage avec les pincés sur le chantier néerlandais de Heemskerk; outre le fait que l'on obtenait des traces imprécises, on se heurtait à une détérioration rapide des pointes des pincés.

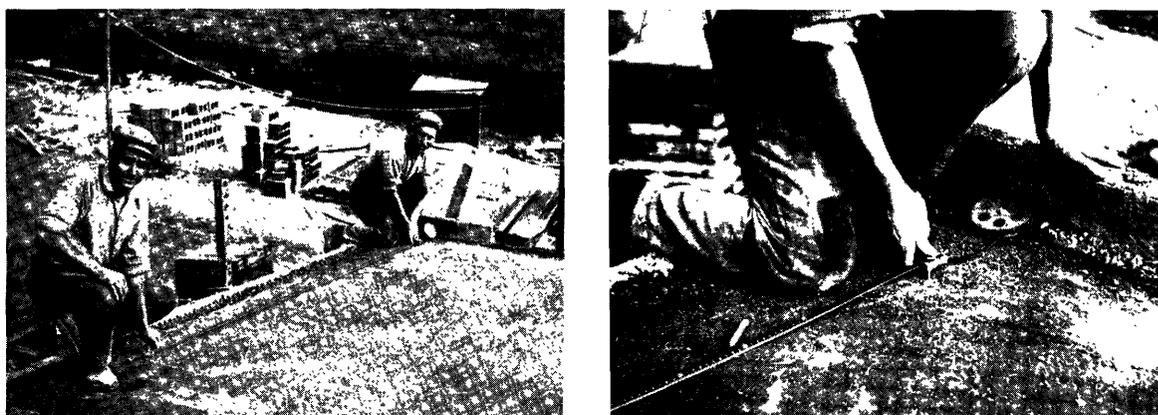


fig. 20

Chantier expérimental français de Nilvange (Konacker)
Emploi de l'appareil composé mètre à ruban-pincés de traçage

Le même phénomène, quoique dans des proportions moindres, a été constaté sur le chantier français de Konacker, où l'on remédia cependant à cet inconvénient en aplanissant au préalable au mortier les zones de la dalle affectées par le traçage. Par contre les difficultés rencontrées sur le chantier italien ont été minimées, grâce surtout aux faibles dimensions des agrégats, sauf dans les zones proches des armatures des poteaux, où la surface était très irrégulière et très rugueuse.

Lorsque l'arc à tracer a un rayon de plus de 8–9 m, on se heurte à l'inconvénient que présente l'entortillement du mètre à ruban; cela aboutit au traçage d'un arc dont le centre n'est plus celui matérialisé par la pointe de la pince du 0, mais par le point où le ruban, en s'entortillant, sert de pivot sur la dalle. Cet inconvénient a été signalé par les techniciens néerlandais et il a été observé ultérieurement sur le chantier expérimental italien.

Une troisième difficulté de caractère général, particulièrement évidente sur le chantier de Milan-Forlanini, est l'impossibilité de repérer des points comme intersections d'arcs de cercle au voisinage des armatures d'éléments en béton armé (poteaux), à moins que deux très petits arcs de cercle, ne touchant pas les armatures, suffisent pour le repérage de ces intersections. Cela n'est possible que si, du point à repérer, on peut voir les centres des cercles respectifs sous un angle de $\frac{\pi}{2}$. Une dernière remarque concerne la perte de temps considérable entraînée par le report, par de petits arcs successifs, de plusieurs cotes de détail faisant partie du même alignement. A cet égard, les Français ont proposé de laisser les pinces sur l'origine et sur la cote terminale de l'alignement, en soumettant le ruban à une tension constante, et de procéder au report des cotes à l'aide d'une pointe à tracer. A la lumière des observations qui précèdent, observations qui ont été confirmées également par les expériences réalisées par les techniciens belges sur le chantier expérimental de Beyne-Heusay, on peut dire que la méthode décrite peut être considérée comme valable pour des tracés limités à des zones peu étendues ou, en tout cas, pour des cas particuliers.

Comme méthode générale, on propose d'adopter celle exposée ci-après qui est le fruit des expériences effectuées, méthode employée pour les trois derniers immeubles du chantier expérimental italien.

Une brève introduction exposant les modifications apportées aux appareils et à leur emploi s'impose tout d'abord.

La pince a été modifiée à la lumière des nécessités de son nouvel emploi, lesquelles d'autre part ne l'empêchent pas de servir également selon la méthode décrite précédemment. Cette pince doit servir au traçage de petits arcs et doit, en outre, pouvoir bloquer le mètre à ruban le long d'un alignement à l'origine de celui-ci. Les deux pinces sont indentiques et ne comportent pas de poignée supérieure; les pieds postérieurs ont été supprimés; le diamètre de la pointe à tracer et sa saillie par rapport au plan inférieur de la pince ont été réduits.

Le centre italien a également étudié une équerre magnétique spéciale pour le report des cotes de détail. Il s'agit d'un profilé en T; à la partie inférieure de l'aile, il a été pratiqué une rainure de la largeur du mètre à ruban (13 mm), capable de saisir celui-ci facilement et rapidement grâce à deux petits aimants incorporés, lorsqu'il se trouve tendu le long d'un alignement à l'aide des pinces qui le bloquent sur le zéro et sur la cote terminale.

Dans la partie centrale de l'aile, une petite fenêtre avec encoche centrale permet de lire la graduation millimétrée du ruban. L'encoche est le prolongement idéal d'une rainure calibrée, pratiquée dans l'âme du profilé; en faisant courir dans cette rainure une pointe à tracer ou un crayon, on obtient sur la semelle une trace qui reproduit fidèlement, perpendiculairement à l'alignement, la cote partielle lue sur le ruban gradué au droit de l'encoche.

L'intervalle maximal de la tolérance que l'on peut attribuer à l'appareil composé *mètre à ruban-pinces-équerre* (qui exige une équipe de 3 ouvriers) peut être considéré comme ramené à:

$$t = \frac{0}{0,35} L \text{ mm}$$

où L représente la longueur totale de la mesure linéaire exprimée en mètres, à condition que l'on ait soin de placer l'encoche de l'équerre toujours en excès par rapport à la cote à reporter.

La réduction susvisée est due principalement à la valeur constante de la tension à laquelle est soumis le double décimètre pendant le report de toutes les cotes partielles. Les corrections éventuelles dues aux effets de la différence entre la température du chantier et la température d'étalonnage du double décimètre restent toutefois valables. Le début des opérations à un niveau donné suppose qu'à ce niveau un couple d'alignements de repérage principaux orthogonaux a été matérialisé selon les méthodes décrites aux paragraphes précédents; soit 1 A et 2 A et 0 de leur intersection, origine de toutes les mesures planimétriques.

Plaçons la pince qui bloque le ruban sur le zéro en 0 et fixons l'autre pince sur la cote tirée du plan de traçage correspondant à $\overline{01}$, et en tendant le ruban, traçons un petit arc de cercle en 1. Faisons de même pour $\overline{02}$, $\overline{03}$, $\overline{14}$, $\overline{15}$.

Plaçons ensuite la pince du zéro au point 3 et traçons $\overline{34}$; plaçons la pince en 2 et traçons $\overline{25}$.

Après vérification rapide du tracé, on matérialise ensuite les alignements X ainsi dérivés $\overline{45}$, $\overline{34}$, $\overline{25}$ selon la méthode qui a été exposée auparavant.

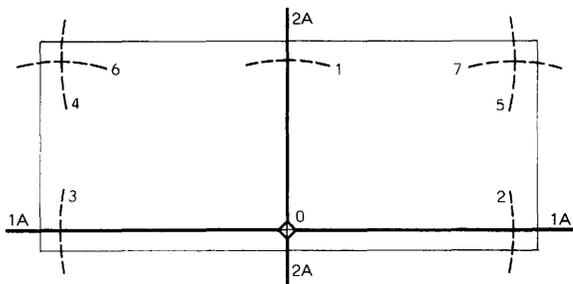


fig. 21

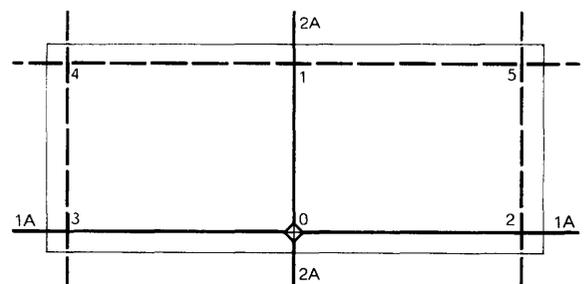


fig. 22

Pour tracer les cotes de détail d'un alignement général, par exemple $\overline{45}$, on fixe la pince du zéro en 4, l'autre pince bloque le ruban de manière à ce que la pointe coïncide avec le point 5 sous tension constante; à l'aide de l'équerre magnétique et du crayon de traçage, on matérialise alors toutes les cotes partielles de l'alignement en question (fig. 23).

Rapidité, clarté, précision, tels sont les avantages de la méthode qui vient d'être décrite et il est réconfortant de constater que ce résultat a été obtenu grâce à la collaboration active et féconde de divers instituts de recherche.



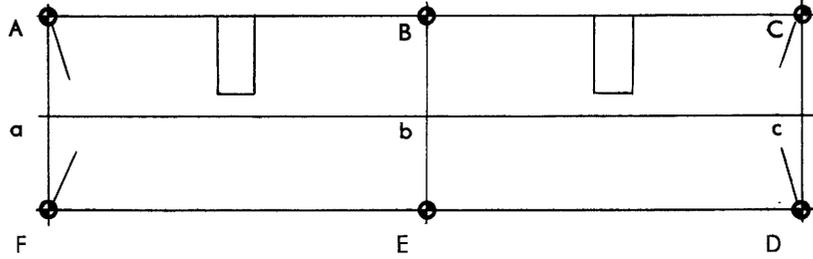
fig. 23

Chantier expérimental italien de Milan-Forlanini

Matérialisation des alignements en plan avec ficelle imprégnée de noir de fumée; traçage de détail avec cotes progressives, obtenu par l'appareil composé «mètre à ruban-pincettes — équerre magnétique»

Plan de traçage
Manière de procéder

Chantier expérimental italien
de Milan-Forlanini
Bâtiments nos 71-72-73-74-76



	Description de l'opération		Opérateurs	Appareils	Temps prévus	Références
10	Report vertical des points	A-B-C-D-E-F	2 ouvriers	Coordinatographe zénithal	25'	B/12 A/9
20	Matérialisation des alignements	AF-BE-CD	2 ouvriers 1 aide	Ficelle imprégnée de craie	5'	B/12 A/9
30	Tracé des cotes de détail entre	AF-BE-CD	2 ouvriers 1 aide	Ruban gradué, pinces de traçage, équerre magnétique	5'	B/12 A/9
40	Matérialisation des alignements	ABC-abc-DEF	2 ouvriers 1 aide	Ficelle imprégnée de craie	10'	B/12 A/9
50	Tracé des cotes de détail entre	AB/BC-ab/bc-DE/EF	2 ouvriers 1 aide	Ruban gradué, pinces de traçage, équerre magnétique	30'	B/12 A/9

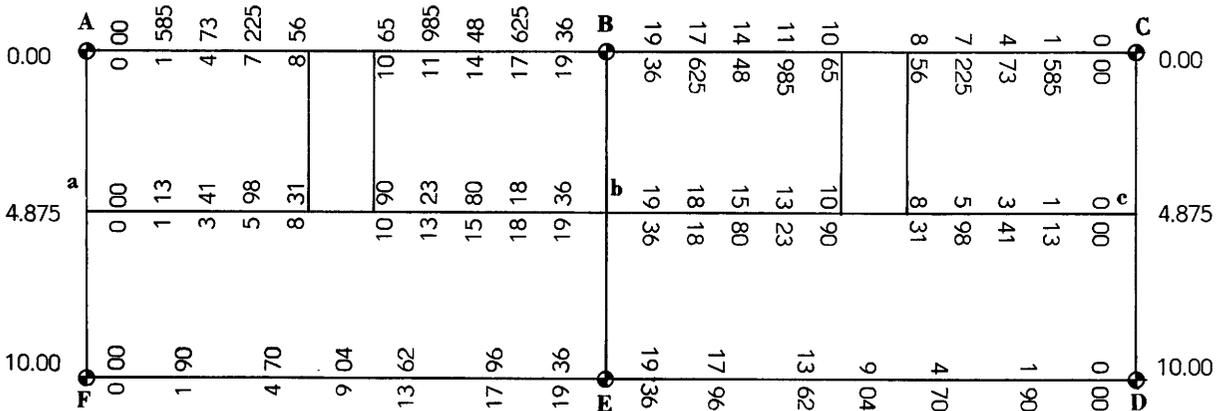
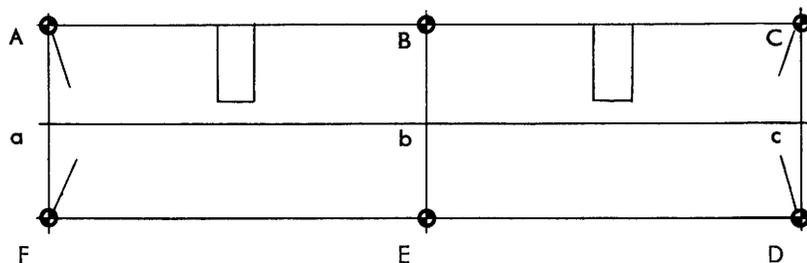


Tableau II

Traçage
Relevé des temps

Chantier expérimental italien
de Milan-Forlanini
Bâtiment n° 74



Relevés des temps		Planchers aux cotes				Totaux	Moyennes
		1,30	4,32	7,44	10,56		
1	Utilisation du fil à plomb en A		3'	3'	3'	9'	3'
1	Utilisation du fil à plomb en B		3'	4'	5'	12'	4'
1	Utilisation du fil à plomb en C		3'	3'	4'	10'	3'20"
1	Utilisation du fil à plomb en D		4'	5'	5'	14'	4'40"
1	Utilisation du fil à plomb en E		3'	6'	4'	13'	4'20"
1	Utilisation du fil à plomb en F		3'	3'	5'	11'	3'40"
Totaux partiels			19'	24'	26'	69'	
Moyennes			3'10"	4'	4'20"		3'50"
3	Matérialisation des alignements AF/BE/CD		4'	2'	3'	9'	
3	Cotes de détail et vérification entre AF/BE/CD		6'	5'	5'	16'	
6	Matérialisation des alignements ABC/abc/DEF		9'	8'	8'	25'	
54	Cotes de détail entre AB/BC/ab/bc/DE/EF		30'	28'	27'	85'	
Totaux généraux			68'	67'	69'	204'	1h8'

Tableau III a

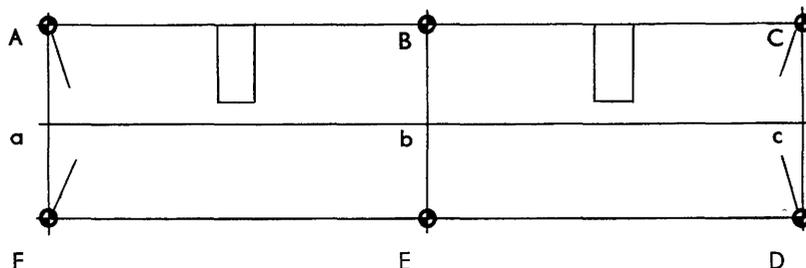
Traçage

Vérification des mesures

Chantier expérimental italien

de Milan-Forlanini

Bâtiment n° 72



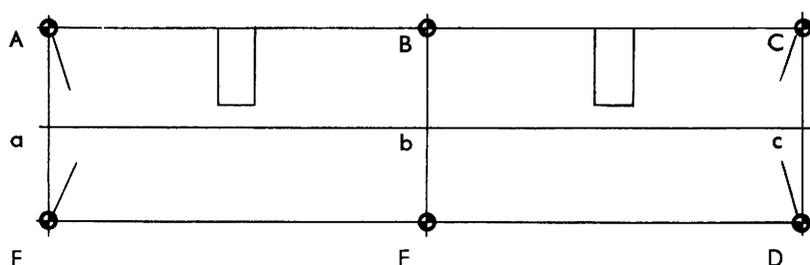
	Contrôles		Mesure théorique Z = 0	Mesure réelle			
				Z = 1	Z = 2	Z = 3	
1	Vérification entre les points	A-F	1000	998,0	998,3	998,7	cm
				- 20	(+ 3)	(+ 7)	mm
2	Vérification entre les points	B-E	1000	996,5	996,8	997,0	
				- 35	(+ 3)	(+ 5)	
3	Vérification entre les points	C-D	1000	996,8	997,0	997,2	
				- 32	(+ 2)	(+ 4)	
4	Vérification entre les points	A-B	1936	1936,5	1937,0	1936,8	
				+ 5	(+ 5)	(+ 3)	
5	Vérification entre les points	B-C	1936	1935,5	1935,9	1936,0	
				- 5	(+ 4)	(+ 5)	
6	Vérification entre les points	D-E	1936	1935,5	1935,9	1936,2	
				- 5	(+ 4)	(+ 7)	
7	Vérification entre les points	E-F	1936	1935,5	1935,7	1936,0	
				- 5	(+ 2)	(+ 5)	
8	Vérification de l'hypothénuse en	A	1104,9	1104,0	1104,3	1104,5	
				- 9	(+ 3)	(+ 5)	
9	Vérification de l'hypothénuse en	F	1106,2	1105,8	1105,5	1106,0	
				- 4	(- 3)	(+ 2)	
10	Vérification de l'hypothénuse en	D	1106,2	1106,8	1106,5	1106,7	
				+ 6	(- 3)	(- 1)	
11	Vérification de l'hypothénuse en	C	1104,9	1103,9	1104,1	1104,0	
				- 10	(+ 2)	(+ 1)	
Relevé de mesure				11/5/60	23/5/60	4/6/60	

Les chiffres entre parenthèses représentent les écarts par rapport aux mesures réelles du plan Z = 1. Dans la colonne Z = 1, au contraire, figurent les écarts par rapport à la mesure théorique correspondante.

Tableau III b

Traçage
Vérification des mesures

Chantier expérimental italien
de Milan-Forlanini
Bâtiment n° 73

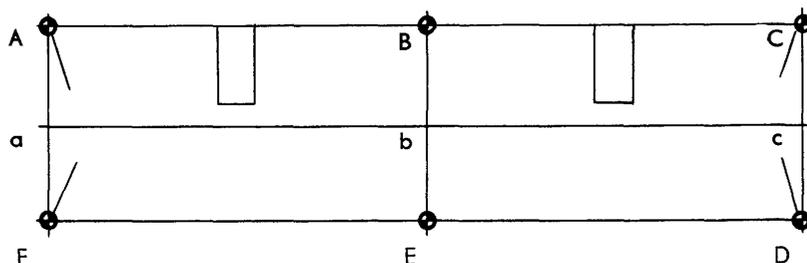


Contrôles			Mesure théorique Z = 0	Mesure réelle			
				Z = 1	Z = 2	Z = 3	
1	Vérification entre les points	A-F	1000	1000,0	1000,0	999,5	cm
				0	(0)	(-5)	mm
2	Vérification entre les points	B-E	1000	999,0	998,6	998,5	
				-10	(-4)	(-5)	
3	Vérification entre les points	C-D	1000	998,0	998,0	998,5	
				-20	(0)	(-5)	
4	Vérification entre les points	A-B	1936	1936,5	1936,5	1936,5	
				+5	(0)	(0)	
5	Vérification entre les points	B-C	1936	1935,0	1934,8	1935,0	
				-10	(-2)	(0)	
6	Vérification entre les points	D-E	1936	1936,5	1936,5	1936,5	
				+5	(+1)	(0)	
7	Vérification entre les points	E-F	1936	1936,0	1935,8	1935,5	
				0	(-2)	(-5)	
8	Vérification de l'hypothénuse en	A	1104,9	1105,6	1104,5	1104,0	
				+7	(-11)	(-16)	
9	Vérification de l'hypothénuse en	F	1106,2	1106,2	1106,5	1106,0	
				-2	(+5)	(0)	
10	Vérification de l'hypothénuse en	D	1106,2	1106,8	1106,5	1106,8	
				+6	(-3)	(0)	
11	Vérification de l'hypothénuse en	C	1104,9	1103,5	1104,2	1104,3	
				-14	(+7)	(+8)	
Relevé de mesure				9/5/60	10/6/60	4/7/60	

Les chiffres entre parenthèses représentent les écarts par rapport aux mesures réelles du plan Z = 1. Dans la colonne Z = 1, au contraire, figurent les écarts par rapport à la mesure théorique correspondante.

Traçage
Vérification des mesures

Chantier expérimental italien
de Milan-Forlanini
Bâtiment n° 74



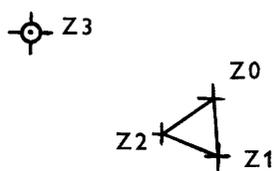
Contrôles			Mesure théorique Z = 0	Mesure réelle			
				Z = 1	Z = 2	Z = 3	
1	Vérification entre les points	A-F	1000	999,7	999,9	999,9	cm
				-3	(+2)	(+2)	mm
2	Vérification entre les points	B-E	1000	1000,1	1000,2	1000,3	
				+1	(+1)	(+2)	
3	Vérification entre les points	C-D	1000	999,8	1000,0	1000,1	
				-2	(+2)	(+3)	
4	Vérification entre les points	A-B	1936	1935,7	1935,7	1935,9	
				-3	(0)	(+2)	
5	Vérification entre les points	B-C	1936	1935,7	1935,9	1936,1	
				-3	(+2)	(+4)	
6	Vérification entre les points	D-E	1936	1935,9	1936,0	1936,2	
				-1	(+1)	(+3)	
7	Vérification entre les points	E-F	1936	1935,9	1936,0	1935,9	
				-1	(+1)	(0)	
8	Vérification de l'hypothénuse en	A	1104,9	1105,1	1105,0	1105,3	
				+2	(-1)	(+2)	
9	Vérification de l'hypothénuse en	F	1106,2	1105,8	1106,1	1106,1	
				-4	(+3)	(+3)	
10	Vérification de l'hypothénuse en	D	1106,2	1106,4	1106,4	1106,5	
				+2	(0)	(+1)	
11	Vérification de l'hypothénuse en	C	1104,9	1104,5	1104,6	1105,0	
				-4	(+1)	(+4)	
Relevé de mesure				9/7/60	22/7/60	1/8/60	

Les chiffres entre parenthèses représentent les écarts par rapport aux mesures réelles du plan Z = 1. Dans la colonne Z = 1, au contraire, figurent les écarts par rapport à la mesure théorique correspondante.

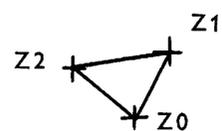
Tableau IV

Chantier expérimental français
de Nilvange (Konacker)

Bâtiment 6

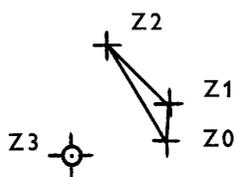


Rayon d'imprécision
(Z0 Z1 Z2) = 4,5 mm

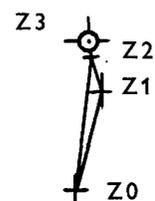


Rayon d'imprécision
(Z0 Z1 Z2) = 6,5 mm

Bâtiment 5

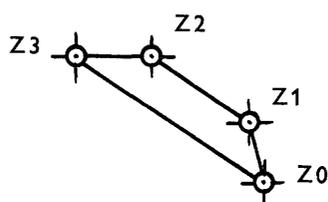


Rayon d'imprécision
(Z0 Z1 Z2) = 7 mm

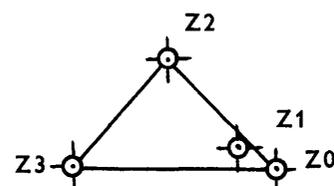


Rayon d'imprécision
(Z0 Z1 Z2) = 8 mm

Bâtiment 4



Rayon d'imprécision
(Z0 Z1 Z2 Z3) = 15 mm



Rayon d'imprécision
(Z0 Z1 Z2 Z3) = 13,5 mm

✚ Points tracés par le technicien

⊙ Points tracés par l'entrepreneur

Représentation de la variabilité dimensionnelle aux divers étages de repérage de points qui auraient les mêmes coordonnées planimétriques. Chaque point appartient au tracé de détail à l'étage et résulte par conséquent des alignements réalisés grâce à l'emploi du «tremplin de traçage». Les zones représentent le champ de variabilité du point; les rayons d'imprécisions se réfèrent à sa position barycentrique. (Etude menée par J. Noiré).

Tableau V

Chantier expérimental
néerlandais
de Heemskerk

Opération	Etage	Logement	Partie inférieure		Partie supérieure		
			Dimension théorique	Dimension réelle	Dimension théorique	Dimension réelle	
1	I	A	3200	- 4	3200	+ 4	
2		B	1000	+ 6	1000	+ 5	
3		E 2	1200	+ 3	1200	+ 3	
4		E 3	1200	+ 4	1200	+ 4	
5		A	3200	- 2	3200	- 1	
6		B	1000	+ 2	1000	+ 2	
7		E 2	1200	+ 3	1200	+ 3	
8		E 3	1200	+ 2	1200	+ 2	
9		A	3200	+ 8	3200	+ 6	
10		B	1000	+ 4	1000	+ 2	
11		E 2	1200	- 1	1200	- 1	
12		E 3	1200	-	1200	+ 1	
13		A	3200	+ 6	3200	+ 5	
14		B	1000	-	1000	+ 1	
15		E 2	1200	-	1200	- 1	
16		E 3	1200	+ 2	1200	-	
17		A	3200	+ 9	3200	+ 8	
18		B	1000	+ 2	1000	+ 2	
19		E 2	1200	- 2	1200	- 3	
20		E 3	1200	+ 2	1200	+ 3	
21		A	3200	- 4	3200	-	
22		B	1000	-	1000	-	
23		E 2	1200	+ 4	1200	+ 4	
24		E 3	1200	+ 4	1200	- 3	
25		II	A	3200	+ 2	3200	+ 3
26			B	1000	+ 2	1000	+ 3
27			E 2	1200	+ 1	1200	+ 2
28			E 3	1200	+ 4	1200	+ 3
29			A	3200	+ 8	3200	+ 6
30			B	1000	+ 2	1000	-
31			E 2	1200	+ 5	1200	+ 2
32			E 3	1200	+ 4	1200	+ 1
33			A	3200	+ 10	3200	+ 8
34			B	1000	+ 4	1000	+ 4
35			E 2	1200	+ 4	1200	+ 2
36			E 3	1200	+ 3	1200	+ 1
37			A	3200	- 6	3200	- 4
38			B	1000	+ 1	1000	-
39			E 2	1200	- 1	1200	-
40			E 3	1200	- 4	1200	-
41			A	3200	+ 4	3200	+ 1
42			B	1000	- 2	1000	-
43			E 2	1200	+ 6	1200	+ 2
44			E 3	1200	+ 8	1200	+ 8
45			A	3200	- 8	3200	- 7
46			B	1000	+ 2	1000	+ 2
47			E 2	1200	+ 4	1200	+ 5
48			E 3	1200	- 3	1200	- 3

Dimensions théoriques projetées de certaines pièces et dimensions correspondantes réellement obtenues, résultant de l'emploi de la méthode de traçage proposée.

4. Report de cotes altimétriques

Lorsqu'on analyse le problème du report des cotes en élévation, il semble logique d'examiner séparément les deux impératifs fondamentaux qui conditionnent la solution à adopter sur le chantier.

Le premier a trait au respect d'une certaine cote du projet, déterminant le dimensionnement altimétrique du profil du bâtiment et, comme tel, il intéresse le bâtiment dans son ensemble. Le second, par contre, implique, pour tout intervalle vertical significatif du bâtiment, une certaine cote partielle du projet et, comme tel, il affecte les caractéristiques altimétriques du bâtiment et il présente une importance fondamentale pour les assemblages verticaux des éléments divers.

On peut résoudre le problème dans son ensemble en matérialisant soigneusement, par référence à un repère extérieur au bâtiment, de cote connue et fixe, le niveau du dessus brut du plancher de l'infrastructure ayant la cote négative la plus élevée du projet, et en procédant ensuite, à partir de ce maximum négatif, à la matérialisation des niveaux successifs, à l'aide d'un procédé adéquat.

On pourra effectuer d'un niveau à l'autre, pendant l'élévation de la structure, le transport de la cote par nivellement au sens altimétrique du terme.

On posera de préférence à la cote-origine de l'étage auquel on opère une mire verticale; d'autre part, quelques mires pendantes seront installées en position adéquate sur un élément de l'étage supérieur (dans les constructions à ossature en béton armé, cette position peut s'identifier avec la sous-face du coffrage des poutres).

On procédera alors au nivellement des paires de mires à l'aide d'un niveau à lunette: l'élément en question sera à la cote voulue, lorsque la somme des lectures effectuées (respectivement sur la mire verticale et sur les mires pendantes) coïncidera, compte tenu de l'épaisseur du coffrage, avec la différence de cote entre les deux étages, ou avec une autre cote fixée au préalable.

Cette dernière valeur doit donc figurer sur les plans de traçage, dans une position appropriée, comme cote impérative. Il y a lieu de signaler l'importance du choix du point où est placé le niveau, car il devra être possible de lire, depuis ce point, la mire verticale et ensuite les mires pendantes.

Sur le chantier expérimental français de Konacker, l'adoption de coffrages métalliques a simplifié le problème du report des cotes en élévation en le ramenant à la seule vérification de l'horizontalité des planchers et de la verticalité des coffrages, car la dimension de fabrication de ces derniers conditionnait implicitement la hauteur de l'étage.

Une étude statistique des contrôles effectuée une fois la construction terminée a fait apparaître une erreur systématique de 3,3 mm dans la hauteur de l'étage fini par rapport à la dimension théorique et une variabilité totale maximale pour l'échantillon de $\pm \frac{15}{7}$ mm, toujours par référence à la dimension théorique.

Sur les chantiers expérimentaux néerlandais et italiens, on a procédé au report de cotes de niveau par nivellement direct.

L'étude statistique des données recueillies au sujet de la hauteur d'étage obtenue, à laquelle a procédé le centre italien, a permis de constater que les échantillons étaient représentatifs en ce sens que la répartition des erreurs pouvait être considérée comme normale.

A égalité de coefficient multiplicateur de l'indice de variabilité (écart quadratique moyen) ($k = 2$), la tolérance que l'on peut attribuer au caractère universel de la méthode est, pour les trois cas, la suivante: (référence à la dimension théorique du projet).

$$\text{Pays-Bas (Heemskerk)} \quad t = \begin{array}{c} + 9 \\ - 6 \end{array} \text{ mm}$$

$$\text{France (Konacker)} \quad t = \begin{array}{c} + 13 \\ - 6 \end{array} \text{ mm}$$

$$\text{Italie (Milan)} \quad t = \begin{array}{c} + 27 \\ - 22 \end{array} \text{ mm}$$

Il faut toutefois tenir compte de ce que les relevés néerlandais et français concernent la hauteur de l'étage terminé, alors que les relevés italiens ont trait à la hauteur de l'étage à brut.

L'étude statistique des données recueillies figure sur les tableaux VI, VII, VIII.

Tableau VI

Chantier expérimental
français
de Nilvange (Konacker)

Enquête sur la hauteur de
l'étage terminé

Dimension théorique
M = 2553 mm

Opération	Ecart	Fréquences	$(X_i - M) f$	$X_i - M^2$	$(X_i - M)^2 f$
	$X_i - M$	f			
1	- 7	1	- 7	49	49
2	- 3	2	- 6	9	18
3	- 2	3	- 6	4	12
4	- 1	2	- 2	1	2
5	+ 1	2	+ 2	1	2
6	+ 2	3	+ 6	4	12
7	+ 3	3	+ 9	9	27
8	+ 4	5	+ 20	16	80
9	+ 5	2	+ 10	25	50
10	+ 6	1	+ 6	36	36
11	+ 7	1	+ 7	49	49
12	+ 8	4	+ 32	64	256
13	+ 10	1	+ 10	100	100
14	+ 12	1	+ 12	144	144
15	+ 15	1	+ 15	225	225
		32	+ 108		1 062

$$\varepsilon = \frac{108}{32} = 3,37 \quad M_{\text{valeur réelle}} = 2553 + 3,37 = 2556,37 \text{ mm}$$

$$\sigma^2 = \frac{1062}{32} - 3,37^2 = 21,9 \quad \sigma = \pm 4,68 \text{ mm}$$

Tableau VII

Chantier expérimental
néerlandais
de Heemskerk

Opération	Ecart	Fréquences	$(X_i - M) f$	$X_i - M^2$	$(X_i - M)^2 f$
	$X_i - M$	f			
1	+ 10	1	+ 10	100	100
2	+ 9	1	+ 9	81	81
3	+ 8	3	+ 24	64	192
4	+ 7	1	+ 7	49	49
5	+ 6	1	+ 6	36	36
6	+ 5	4	+ 20	25	100
7	+ 4	8	+ 32	16	128
8	+ 3	5	+ 15	9	45
9	+ 2	12	+ 24	4	48
10	+ 1	2	+ 2	1	2
11	0	5	0	0	0
12	- 1	4	- 4	1	4
13	- 2	3	- 6	4	12
14	- 3	2	- 6	9	18
15	- 5	3	- 15	25	75
16	- 6	1	- 6	36	36
17	- 8	1	- 8	64	64
		57	+ 104		990

Enquête sur la hauteur de
l'étage terminé

Dimensions théorique
M = 2750 mm

$$\bar{x} = \frac{104}{57} = 1,82 \quad M_{\text{valeur réelle}} = 2750 + 1,82 = 2751,82 \text{ mm}$$

$$\sigma^2 = \frac{990}{57} - 1,82^2 = 14,10 \quad \sigma = \pm 3,75 \text{ mm}$$

Tableau VIII

Chantier expérimental
italien
de *Milan-Forlanini*

Enquête sur la hauteur de
l'étage à l'état brut

Mesure théorique
M = 2830 mm

Opération	Ecart	Fréquences	$(X_i - M) f$	$X_i - M^2$	$(X_i - M)^2 f$
	$X_i - M$	f			
1	-25	5	- 125	625	3 125
2	-23	7	- 161	529	3 703
3	-21	4	- 84	441	1 764
4	-20	7	- 140	400	2 800
5	-18	10	- 180	324	3 240
6	-17	8	- 136	289	2 312
7	-15	15	- 225	225	3 375
8	-13	19	- 247	169	3 211
9	-10	21	- 210	100	2 100
10	- 9	36	- 324	81	2 916
11	- 5	39	- 195	25	975
12	- 4	58	- 232	16	928
13	0	73	0	0	0
14	+ 2	62	+ 124	4	248
15	+ 3	57	+ 171	9	513
16	+ 5	42	+ 210	25	1 050
17	+ 7	32	+ 224	49	1 568
18	+ 10	25	+ 250	100	2 500
19	+ 12	20	+ 240	144	2 880
20	+ 14	15	+ 210	196	2 940
21	+ 17	18	+ 306	289	5 202
22	+ 20	22	+ 440	400	8 800
23	+ 22	18	+ 396	484	8 712
24	+ 24	15	+ 360	576	8 640
25	+ 26	11	+ 286	676	7 436
26	+ 27	7	+ 189	729	5 103
27	+ 30	5	+ 150	900	4 500
28	+ 32	7	+ 224	1 024	7 168
29	+ 35	4	+ 140	1 225	4 900
		662	+ 1 661		102 609

$$\varepsilon = \frac{1661}{662} = 2,51 \quad M_{\text{valeur réelle}} = 2830 + 2,51 = 2832,51 \text{ mm}$$

$$\sigma^2 = \frac{1026,09}{6,62} - 2,51^2 = 150 \quad \sigma = \pm 12,2 \text{ mm}$$

5. Chantiers belges

Nous donnons ci-après certaines considérations tirées du rapport préliminaire belge et d'un complément d'informations et d'expériences déjà acquises sur le chantier de Beyne-Heusay.

La figure 6 illustre le schéma général des axes de repérage sur le plan de base et les points correspondants de stationnement et de visée pour le report d'alignements sur les étages avec un appareil optique (tachéomètre).

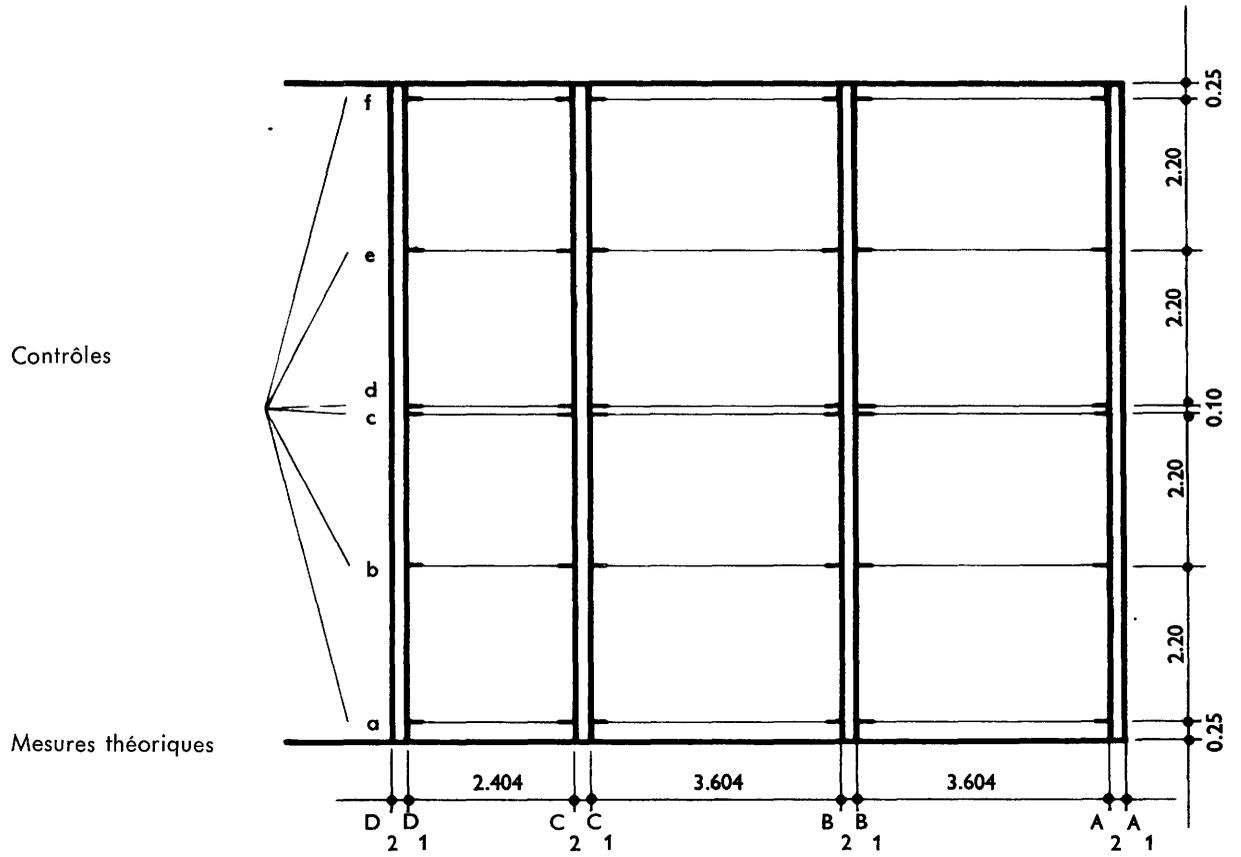
On notera que le problème est traité selon la première méthode illustrée dans le présent rapport (emploi de l'appareil optique); cette solution comporte la réalisation d'un très grand nombre de points de repérage, qui sont inévitablement sujets à détérioration pendant le terrassement et la construction. L'emploi de l'appareil optique, expérimenté antérieurement sur les chantiers français, italien et néerlandais, avait déjà mis en lumière l'ampleur des difficultés inhérentes à cet appareil: elles se sont nécessairement produites également dans la phase d'application du chantier expérimental de Beyne-Heusay. Sur ce chantier d'ailleurs, là où les chevalets de repérage purent être conservés (ceci s'est avéré possible pour quelques bâtiments du lot), on a pu constater une précision remarquable dans les reports des axes aux étages. La méthode peut donc être considérée comme valable uniquement pour des cas très particuliers, alors qu'il semble toujours plus justifié de s'orienter vers l'emploi rationnel constant du fil à plomb (planicoordinatographe) pour le report en élévation des alignements, notamment pour les constructions non traditionnelles.

Certaines considérations et critiques concernant le processus des opérations et, principalement, les moyens proposés et employés avec des résultats positifs en Italie et en France pour le traçage des cotes de détail découlent des conditions météorologiques particulières régnant sur les chantiers belges.

Nous pensons enfin qu'il est intéressant de donner le schéma et le tableau suivants qui ont trait à certains contrôles sur la distance entre les murs en béton, réalisés sur le chantier de Beyne-Heusay.

Tableau IX

Chantier expérimental belge
de *Beyne-Heusay*



Mesures relevées	a	b	c	d	e	f
A ₂ B ₁ au niveau 0,00 m	3 601	3 598	3 603	3 602	3 591	3 603
au niveau 2,25 m	3 611	3 611	3 616	3 616	3 616	3 620
B ₂ C ₁ au niveau 0,00 m	3 604	3 619	3 612	3 615	3 608	3 611
au niveau 2,25 m	3 602	3 614	3 626	3 627	3 618	3 614
C ₂ D ₁ au niveau 0,00 m	2 400	2 395	2 397	2 396	—	—
au niveau 2,25 m	2 398	2 401	2 400	2 396	—	—

Annexe

Précision des appareils

Tachéomètre

Le tachéomètre sert, dans la méthode prévue, au transport de la position planimétrique des alignements principaux aux divers niveaux. Dans cette opération, sa précision est indépendante de la précision de lecture du cercle, mais elle résulte uniquement:

- de l'erreur de pointé; cette erreur est généralement fonction de la distance, du grossissement de la lunette, du repère visé. Pour les tachéomètres modernes dont le grossissement est de l'ordre de 30 environ, l'erreur moyenne de pointé est d'environ 1 mm à 50 m de distance et augmente, dans des limites fixées au préalable, à peu près proportionnellement à la distance;
- de l'erreur de verticalité de l'axe de rotation de l'appareil: l'influence de cette erreur sur le transport en hauteur est proportionnel à la différence de cote entre le repère général de l'alignement sur le plan de base et le niveau sur lequel on veut le transporter.

$$E = v'' H \text{ arc } 1''$$

où l'expression arc 1'' équivaut au rapport

$$\frac{1}{206\,000} ;$$

v'' est l'erreur de verticalité et H la différence de cote exprimée en mm; dans les tachéomètres modernes v'' est de l'ordre d'une dizaine de secondes, si bien que l'erreur moyenne du transport d'un point de l'alignement, due à la verticalité de l'appareil, est de 1 mm pour 20 m de différence de cote; les autres erreurs systématiques entraînées par l'emploi du tachéomètre sont éliminées si l'on procède aux mesures selon les règles qui s'imposent.

Niveau à lunette et mires

Le niveau et les mires servent au nivellement des plans. La précision du fonctionnement de l'appareil dépend:

- de l'erreur de lecture sur la mire; comme nous l'avons déjà vu pour le tachéomètre, cette erreur avec les appareils modernes est de l'ordre de 1 mm pour une distance de 50 m entre l'appareil et les mires; l'erreur pour un nivellement comprenant plusieurs stations augmente avec la racine carrée de la distance;
- de l'erreur de centrage de la nivelle; pour les appareils modernes avec nivelle à coïncidence et vis de fin calage, cette erreur est de quelques secondes (2 ou 3); son influence est donc de 1 mm environ à 100 m de distance, longueur maximale possible de la visée;
- de l'erreur de visée; cette erreur est de nature systématique et son influence doit être annulée par l'emploi d'appareils bien réglés au préalable ou d'un niveau à retournement avec fiole fixe solidaire de la lunette: les erreurs résiduelles sont minimales, du même ordre de grandeur que les erreurs de centrage;

- les mires, qu'elles soient verticales ou pendantes, ne donnent pas lieu à des erreurs appréciables. La seule erreur qui pourrait éventuellement leur être imputable, d'ailleurs facile à éliminer par un étalonnage préalable, est due à des erreurs du zéro des graduations. L'influence de l'erreur de verticalité des mires est secondaire, si celles-ci sont munies d'une nivelle sphérique qui doit rester centrée pendant les opérations.

Détermination de la différence de cote entre étages successifs par usage du niveau:

$t = 4 \text{ mm}$ pour 100 m de distance entre l'origine et le point nivelé. Le transport en élévation des longueurs verticales est contenu entre les limites des tolérances

$$t = 4 \text{ mm} \sqrt{n},$$

où n est le nombre d'étages du bâtiment, autrement dit le nombre d'opérations.

Nivelle à bulle ou nivelle

Le niveau à bulle ou nivelle est l'appareil à l'aide duquel on peut placer verticalement ou horizontalement les éléments. Etant donné qu'il existe sur le marché des nivelles dont la précision et la sensibilité sont extrêmement variables, on peut choisir parmi celles-ci celle qui convient le mieux.

Rappelons que, par sensibilité d'une nivelle, on entend la rotation angulaire à laquelle correspond un déplacement de 1 mm de la bulle sur la graduation de la fiole.

L'approximation avec laquelle on réussit à centrer la bulle de la nivelle (à condition que celle-ci soit munie des dispositifs appropriés) étant inférieure à 0,5 mm, des nivelles d'une sensibilité de 1' suffisent.

Détermination de la verticalité ou de l'horizontalité des éléments par emploi de la nivelle,

tolérance angulaire = 2'

tolérance du déplacement correspondant: $t = 0,61 \sqrt{l} \text{ mm}$, où l représente la longueur exprimée en mètres, de l'élément qui doit être placé verticalement ou horizontalement.

Double décimètre à ruban millimétré

L'instrument topographique nécessaire pour les mesures linéaires est un double décimètre d'acier millimétré sur toute sa longueur⁽¹⁾.

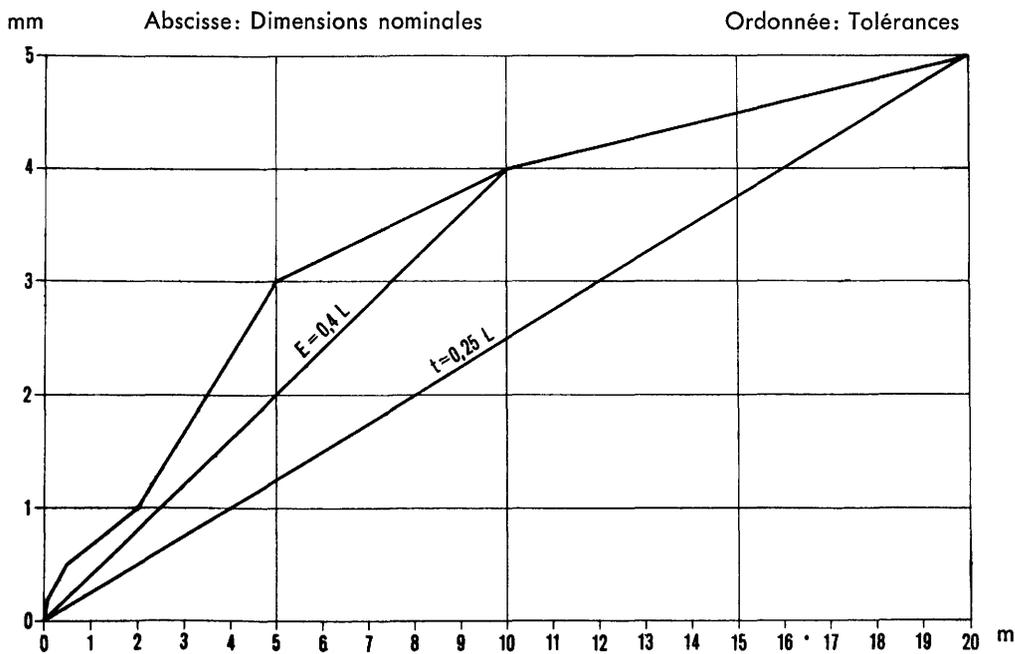
Examinons les erreurs possibles.

1. Erreur d'étalonnage de l'instrument

La variation des tolérances de fabrication des instruments métriques de mesure en fonction de la dimension indiquée figure au diagramme tiré des prescriptions figurant dans les décrets royaux n° 226 du 12 juin 1902 et n° 1182 du 22 juillet 1939, qui réglementent en Italie la fabrication des poids, des mesures et des instruments de pesage et de mesure. Ces tolérances de fabrication

⁽¹⁾ Nota — Pour utiliser les pinces de traçage, le ruban millimétré employé doit comporter une origine décalée. Jusqu'à ce jour, les modèles déposés en France n'en comportent pas. Il est donc nécessaire pour l'agent de vente d'obtenir l'autorisation du service des poids et mesures pour importer le modèle adéquat susceptible d'être étalonné et autorisé sur le territoire national.

Tolérance de fabrication



découlent de l'étude des erreurs systématiques d'étalonnage. Comme on le voit d'après le diagramme (fig. 24), le double décimètre d'acier millimétré a une tolérance de + 5 mm sur ses 20 m.

On peut considérer que cette valeur maximale est une fonction linéaire de la lecture effectuée, et nous pouvons par conséquent admettre la formule:

$$t = 0,25 L \text{ mm}$$

où L représente la longueur de la mesure linéaire effectuée, exprimée en m.

Pour un simple décimètre à ruban millimétré (souvent employé à l'étranger), le diagramme donne une tolérance de + 4 mm sur les 10 m du ruban. Par un raisonnement analogue, nous pouvons admettre la formule

$$t = 0,4 L \text{ mm}$$

où L est la longueur de la mesure linéaire effectuée, exprimée en mètres.

2. Erreur due à l'allongement élastique

Une traction de 1 kg exercée sur les 20 m de longueur du ruban entraîne un allongement élastique de:

$$\Delta l = \frac{N \cdot \Delta S}{E A} \quad (1)$$

où

$$N = 1 \text{ kg}$$

$$\Delta S = 20\,000 \text{ mm}$$

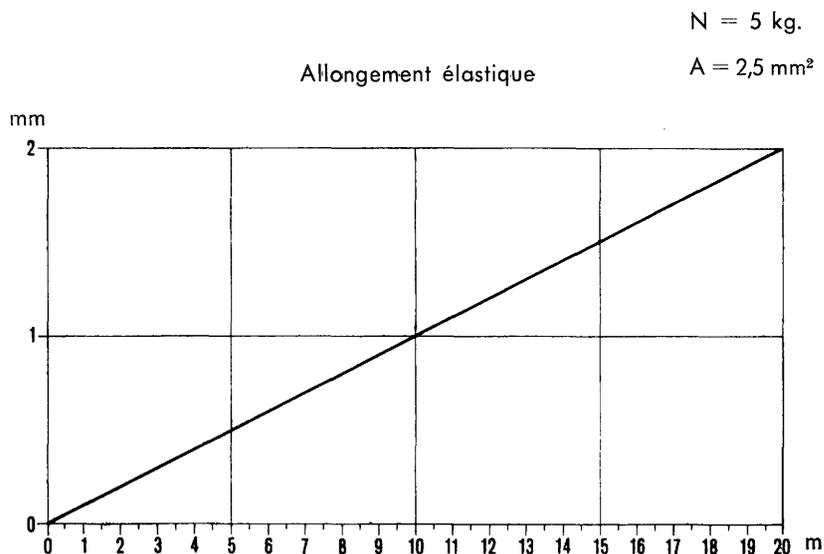
$$E = \text{module d'élasticité} = 2 \cdot 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

$$A = \text{section du ruban (2/10 mm x 12 mm)} = 2,5 \text{ mm}^2$$

$$\Delta l = \frac{1 \times 2 \times 10^4}{2 \times 10^4 \times 2,5} = 0,4 \text{ mm}$$

L'allongement donné par la formule (1) est proportionnel à la longueur du ruban. La traction manuelle peut atteindre le chiffre maximal de 5 kg dans les opérations usuelles de mesure. Le diagramme qui représente cet état de tension et l'allongement élastique qui en résulte a, par conséquent, une ordonnée maximale de 2 mm (fig. 25).

fig. 25



3. Erreur due à la dilatation thermique

Admettons une température d'étalonnage du mètre de 20° C. Pour une variation de température positive ou négative par rapport à 20° C, nous aurions un allongement ou une contraction du ruban, donné par la formule suivante:

$$\Delta l = \lambda \Delta \theta l$$

où

λ = coefficient de dilatation linéaire (0,00001)

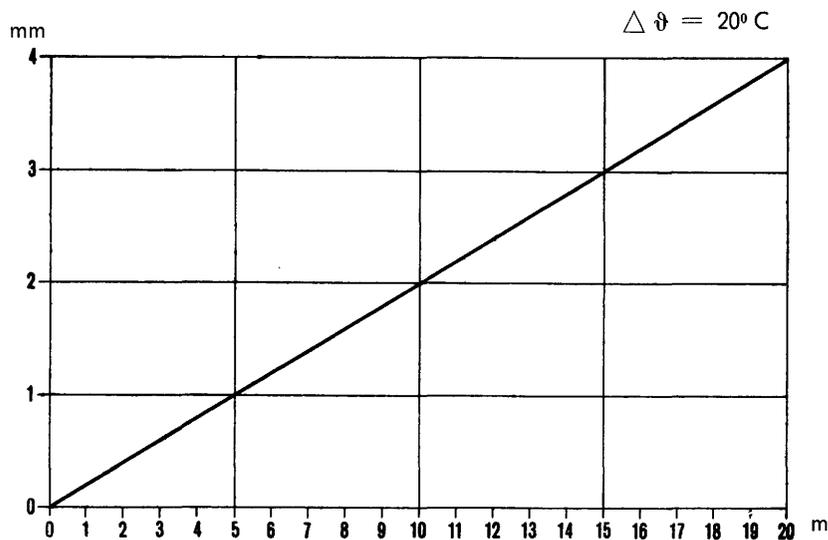
$\Delta \vartheta$ = différence entre la température ambiante et la température d'étalonnage

l = longueur en mm de la mesure effectuée.

Pour une lecture de 20 m avec $\pm \Delta \vartheta = 20^\circ \text{C}$, nous aurions $\Delta l = 0,00001 \times 20 \times 20\,000 = \pm 4 \text{ mm}$.

fig. 26

Dilatation thermique



4. Erreur de lecture

C'est une erreur accidentelle qui peut être de l'ordre de $\pm 1 \text{ mm}$.

Double décimètre à ruban millimétré et pinces de traçage

Les opérations de mesure linéaire à effectuer sur le chantier pour la réalisation des tracés nécessitent l'emploi du mètre à ruban millimétré muni de 2 pinces de traçage: *la pince du zéro et la pince traçante*. Le ruban métallique glisse entre ces pinces et est bloqué à la mesure voulue par la pince traçante, cependant que l'autre pince bloque le ruban au zéro. Les pinces facilitent les opérations de traçage, car elles permettent de se servir du mètre comme d'un compas et elles diminuent les risques d'erreurs, puisqu'elles font pratiquement coïncider les erreurs de pointé et de traçage avec les erreurs de lecture, grâce à leur mode particulier de construction, d'après lequel la position de la pointe traçante coïncide avec la graduation de repérage pour la lecture.

Si l'on prend particulièrement soin d'effectuer les lectures en bloquant la pince traçante toujours par excès, les erreurs de lecture sont toujours du même ordre de grandeur et, étant inférieures au millimètre, peuvent être considérées comme négligeables. Pour déterminer l'intervalle maximal de la tolérance que l'on peut attribuer à l'appareil combiné *ruban – pinces de traçage*, nous devons, pour les raisons susvisées, tenir compte des erreurs d'étalonnage et de celles dues à l'allongement élastique, en nous réservant de considérer à part la dilatation thermique éventuelle par l'application d'un correctif convenable (positif ou négatif), donné par la formule

$$\Delta l = \pm \lambda \Delta \theta l \text{ avec } \lambda = 0,00001$$

Les erreurs d'étalonnage et d'allongement élastique pour un double décamètre donnent une tolérance maximale sur les 20 m égale à

$$5 + 2 = 7 \text{ mm.}$$

Pour un décamètre, nous aurons de même sur les 10 m

$$4 + 1 = 5 \text{ mm.}$$

Dans le premier cas, on pourrait admettre la formule:

$$t = \begin{matrix} 0 \\ + 0,35 L^x \text{ mm,} \end{matrix}$$

où L représente la longueur totale de la mesure linéaire effectuée, exprimée en mètres.

Dans le second cas:

$$t = \begin{matrix} 0 \\ + 0,5 L^x \text{ mm.} \end{matrix}$$

Nous pouvons admettre la formule générale suivante (dans le cas du double décamètre, on obtiendra des valeurs par excès, mais justifiables):

$$t = \begin{matrix} 0 \\ + 0,5 L^x \text{ mm.} \end{matrix}$$

*Chapitre V Examen de la qualité
des ajustements*

C.D.U. 69.057 : 69.028.1 : 69.001.5 (100)

(original: néerlandais)

*par J. van Ettinger
Bouwcentrum
Rotterdam*

Table des matières

	Page
1. Introduction	169
2. Aperçu du contenu	170
3. But de l'étude expérimentale	171
4. Réalisation	171
5. Dimensions et angles des huisseries	173
6. Dimensions et angles des panneaux de porte	180
7. Jeux	186
8. Expérimentations italiennes	189
9. Précision des observations	192
10. Résumé	198
Annexe 1 – «Instructions concernant les dimensions et les tolérances de fabrication et de montage de certains éléments de construction utilisés sur les chantiers du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A.». (Extrait)	201
Annexe 2 – «Instructions concernant l'application d'une méthode d'examen de la qualité des dimensions et ajustements sur les chantiers du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A.». (Extrait)	203
Annexe 3 – «Détermination objective des tolérances pour les portes et les huisseries».	207

1. Introduction

Dans le cadre du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. on a notamment étudié la qualité de certains ajustements dans la construction de maisons d'habitation. On a choisi, à titre d'exemple, l'ajustement de panneaux de porte en bois à des huisseries en acier.

On a examiné les dimensions des éléments de construction (huisseries et panneaux de porte) ainsi que celles des ajustements qui en résultent.

L'étude expérimentale a été précédée d'une étude théorique des relations qui existent entre les éléments composants, d'une part, et les ajustements, d'autre part. L'étude expérimentale a servi à vérifier l'étude théorique et à dégager d'éventuelles difficultés pratiques et techniques qui surviennent lorsque l'on applique la théorie mise au point.

Dans ses grandes lignes, le raisonnement était le suivant: dans la construction artisanale, on ajuste chaque panneau de porte individuellement à une huisserie déterminée, en effectuant des retouches. Or, la seule retouche possible consiste à diminuer au rabot les dimensions du panneau. C'est pourquoi les panneaux sont commandés avec des surdimensions.

Dans la construction industrielle, on tend à l'interchangeabilité, c'est-à-dire à la possibilité d'un montage non sélectif des portes sur les huisseries, sans refaçonnage. Les avantages escomptés sont les suivants:

- suppression des frais de refaçonnage;
- possibilité d'appliquer d'autres méthodes de fabrication des huisseries et des panneaux de porte. Ce point de vue est encore plus important que le premier.

Les résultats de l'étude ont conduit à la conclusion que compte tenu de la précision aujourd'hui réalisable dans la fabrication des panneaux de porte et des huisseries et la pose de ces éléments, on peut très bien procéder en fait au montage industriel de panneaux de porte en bois dans des huisseries métalliques (c.-à-d. au montage non sélectif de ces éléments sans effectuer de retouches). L'ajustement du panneau et de l'huisserie obtenu lors d'un tel montage industriel est même de qualité supérieure à celui obtenu lors du montage artisanal (avec retouches) sur un chantier similaire.

Un autre résultat de l'étude est la confirmation de la valeur des prescriptions envisagées à partir de bases théoriques en ce qui concerne les dimensions et les tolérances des panneaux de porte et huisseries destinés au montage industriel.

2. Aperçu du contenu

Le paragraphe 3 contient les prescriptions relatives à la réalisation de l'expérience, édictées en considération de l'objectif proposé.

Dans le paragraphe 4 on examine dans quelle mesure le programme a été exécuté.

Le paragraphe 5 mentionne les résultats d'analyse des dimensions des *huisseries en acier*.

Le paragraphe 6 mentionne les résultats d'analyse des dimensions des *panneaux de porte en bois*.

Le paragraphe 7 indique les résultats de la mesure des *jeux* et leur appréciation.

Le paragraphe 8 contient quelques remarques au sujet des résultats obtenus sur le *chantier italien*.

Le paragraphe 9 traite de la *précision des mesures* et de la fidélité qui en découle pour les résultats.

Le paragraphe 10 résume l'étude.

3. But de l'étude expérimentale

Les prescriptions concernant l'expérience étaient les suivantes:

Pour tous les chantiers du programme (22 chantiers avec au total environ 2200 logements), il fallait commander des portes et des huisseries ayant les dimensions et tolérances prescrites dans l'annexe 1 (voir page 201), qui est un extrait des «Instructions concernant les dimensions et les tolérances de fabrication et de montage de certains éléments de construction utilisés sur les chantiers du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A.»

Ces prescriptions peuvent être résumées comme suit: en ce qui concerne la largeur des portes et des huisseries, la dimension nominale des huisseries doit être supérieure de 5,5 mm à la dimension correspondante du panneau de porte, les tolérances, dans les deux cas, devant être de ± 2 mm. La hauteur de l' huisserie (après la pose et la mise en place du revêtement de sol) doit être supérieure de 9,75 mm à celle de la porte, la tolérance étant ici également de ± 2 mm.

En ce qui concerne l'équerrage des portes à la livraison et des huisseries après la pose, il avait été spécifié que l'écart, mesuré à l'aide d'un instrument spécialement mis au point à cet effet, ne devait pas dépasser 1,9 mm. On verra à ce sujet l'annexe 2: extrait des «Instructions relatives à l'application d'une méthode d'examen de la qualité des dimensions et des ajustements sur les chantiers du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A.». Ces «instructions» indiquaient le mode d'exécution des mesures de contrôle:

- Sur chaque chantier on devait choisir une quarantaine de portes en bois et d' huisseries en acier en vue de contrôler leurs dimensions.
- Après la pose des huisseries, celles-ci devaient être mesurées une nouvelle fois.
- Les 40 portes devaient être montées dans les 40 huisseries précitées, suivant le mode non sélectif. Après le montage des portes il fallait mesurer les jeux; ensuite les jeux devaient être appréciés par quatre experts, indépendamment du résultat des mesures. Les experts avaient été invités à donner chacun son appréciation personnelle, sans se consulter mutuellement.
- Pour se faire une idée de la précision des mesures et des appréciations, 10 % de toutes les mesures et appréciations devaient être répétées, sans que l'observateur connût les résultats de la première observation.
- Les prescriptions relatives à la commande, au montage et à la mesure des panneaux et des huisseries ainsi suivies ont été notamment fondées sur deux études préalables:
 - a. «Détermination objective des tolérances des dimensions des portes et huisseries».
 - b. «Comparaison internationale des imprécisions de mesure dans le bâtiment».

L'étude préalable mentionnée en a est jointe en annexe (3), l'étude préalable mentionnée en b est mise à la disposition des intéressés par la Haute Autorité sous forme de document séparé.

4. Réalisation

L'étude expérimentale n'a pas été entièrement réalisée. Cependant, les données obtenues permettent d'aboutir heureusement à d'importantes conclusions. Le tableau 4.1 indique, par partie du programme et par chantier, les projets achevés ou presque achevés (signe +) et les projets non entrepris ou n'ayant atteint qu'un premier stade d'exécution (signe -).

Réalisation du programme expérimental

Tableau 4.1

Chantiers	Commandes		Mesures des								Appréciation visuelle des jeux	
	Mesures horizontales	Mesures verticales	Huisseries		Panneaux			Jeux			Appréciations	Appréciations répétées
			Mesures intérieures	Mesures des angles	Mesures répétées	Mesures extérieures	Mesures des angles	Mesures répétées	Mesures	Mesures répétées		
<i>Allemagne (R. F.)</i>												
2. Gelsenkirchen-Buer	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
3. Gladbeck-Brauck	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
4. Gelsenkirchen-Nattmannsweg	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
5. Höngen-Aachen	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
6. Moers	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-
7. Essen-Frintrop	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
8. Welper-Ruhr	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
9. Salzgitter-Lebenstedt	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>France</i>												
13. Florange	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-
17. Longwy	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-
18. Konacker	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-
<i>Italie</i>												
19. Milan-Forlanini	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-
<i>Pays-Bas</i>												
22. Heemskerk	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Belgique</i>												
12. Beyne-Heusay	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

Légende: + ... réalisé
- ... pas réalisé

La commande des huisseries et des panneaux de porte selon les prescriptions constituait la première condition essentielle de la réalisation du programme expérimental. Or, cette condition n'a pu être respectée ni en France ni aux Pays-Bas. En revanche, elle a été observée sur les chantiers italiens et belges, ainsi que sur la plupart des chantiers allemands.

La seconde condition importante de la réalisation de ce programme était que les éléments commandés selon les prescriptions soient également livrés conformes à ces prescriptions. Or, tel n'a pas été le cas pour les livraisons allemandes, de sorte que l'Italie et la Belgique sont les seuls pays où le programme a été normalement réalisé sur les deux premiers points.

L'appréciation des jeux constituait le troisième point important de la réalisation du programme. En Allemagne, cette appréciation n'a pas eu lieu (à un chantier près), en raison du mode de construction adopté pour les portes («überfälzte Türen»: portes à recouvrement).

En Belgique l'appréciation des jeux n'a pas été effectuée, les portes n'ayant pas encore été montées au moment de l'étude.

En France et aux Pays-Bas, les entrepreneurs ne tenaient pas à commander des panneaux de porte et des huisseries conformes aux prescriptions, craignant que ces éléments ne correspondant pas aux cotes normalisées, – il en résulte une augmentation des prix et un allongement des délais de livraison. Les instituts nationaux n'avaient par ailleurs pas les moyens nécessaires pour pouvoir imposer une meilleure réalisation du programme prescrit.

L'échec partiel de cette partie du programme est probablement dû à une certaine sous-estimation des difficultés suscitées par un changement à apporter à des éléments déjà effectivement normalisés et à la sous-estimation des difficultés particulières que présente la réalisation d'un projet international.

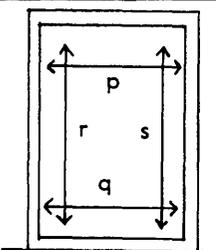
Un petit nombre seulement des mesures et appréciations répétées prescrites par le programme ont été exécutées. Ces mesures et appréciations sont importantes pour l'analyse de la précision des observations, analyse qui sera traitée en détail au paragraphe 9.

5. Dimensions et angles des huisseries

Le tableau 5.1 comporte les résultats de mesure des huisseries (dimension mesurée à la réception sur le chantier, les autres dimensions l'étant après la pose de l'huisserie).

Huisseries de portes – Dimensions intérieures

Tableau 5.1

	Nombre d'huisséries	Ecart en mm des dimensions extérieures par rapport aux dimensions prescrites							
		Moyenne				Champ de dispersion normal			
		supérieure p	inférieure q	gonds r ₂	serrure s ₂	supérieure p	inférieure q	gonds r ₂	serrure s ₂
Allemagne (R. F.)									
2. Gelsenkirchen-Buer	32	+ 2,14	− 0,64	+ 2,42	+ 2,09	7,91	6,42	27,30	25,90
3. Gladbeck-Brauck	28	+ 4,23	+ 4,05	+ 6,27	+ 6,16	4,51	7,72	42,69	42,18
4. Gelsenkirchen-Nattmannsweg	40	+ 2,76	+ 3,80	+ 5,26	+ 5,11	10,28	8,56	41,20	39,01
5. Höngen-Aachen	40	+ 0,02	− 0,45	+ 11,30	+ 10,85	4,70	6,00	37,62	38,55
6. Moers	40	− 0,45	− 0,40	+ 10,65	+ 11,27	4,42	7,21	37,85	41,43
7. Essen-Frintrop	39	+ 10,86	+ 9,16	—	—	6,71	16,26	—	—
8. Welper-Ruhr	40	− 0,16	− 1,02	− 2,93	− 3,41	3,21	7,95	33,95	30,64
9. Salzgitter-Lebenstedt	40	+ 0,09	− 1,21	+ 4,69	+ 4,08	7,81	15,21	34,13	34,97
France									
13. Florange	40	− 1,44	− 2,67	+ 5,19	+ 6,31	3,53	8,51	6,93	9,39
17. Longwy	40	+ 0,94	− 0,13	− 0,28	− 0,41	5,16	7,49	31,67	31,67
18. Nilvange (Konacker)	40	+ 3,66	+ 4,25	− 0,51	+ 0,10	8,60	8,37	9,58	8,51
Italie									
19. Milan-Forlanini	40	− 0,25	− 1,27	− 0,88	− 0,20	2,42	7,30	14,55	12,42
Pays-Bas									
22. Heemskerk	42	− 0,19	− 0,24	− 7,44	− 6,31	3,12	4,60	23,72	20,13
Belgique									
12. Beyne-Heusay	39	+ 0,11	− 0,10	− 0,17	− 0,31	4,32	1,21	3,81	2,28

Pour chaque chantier, on a indiqué les écarts moyens par rapport aux dimensions prescrites p, q, r et s, ainsi que le champ de dispersion normal pour les dimensions considérées⁽¹⁾.

Sur la figure 5.1, on a représenté la valeur de l'erreur moyenne et la dispersion. A cet effet, pour chaque dimension étudiée, on a tracé, par chantier, une bande horizontale représentant le «champ de dispersion normal»; au centre de chaque bande, une raie blanche montre l'écart moyen par rapport à la dimension prescrite.

On sait que toutes les dimensions des huisseries utilisées dans la réalisation du programme expérimental devaient présenter des tolérances de ± 2 mm. Ces limites de tolérance sont également représentées sur la figure 5.1.

En étudiant le tableau 5.1 et la figure 5.1, on constate aussitôt que la précision de fabrication et de la pose des huisseries diffère d'un chantier à l'autre. Ainsi il est des chantiers où certaines dimensions d'huisseries ne s'écartent que de fractions de millimètres des dimensions prescrites et où le champ de dispersion est si petit que presque toutes les huisseries satisfont aux limites de tolérance prescrites (dimension p sur les chantiers 8, 19 et 22 et p, q, r et s sur le chantier 12). Sur d'autres chantiers, certaines dimensions sont bonnes en moyenne, mais la dispersion est trop grande (dimension q sur le chantier 17, dimension s sur le chantier 19). Il existe également des chantiers où certaines dimensions ne présentent qu'une petite dispersion mais une grande erreur systématique (dimension p sur le chantier 3). Enfin, pour un certain nombre de chantiers, les dimensions des huisseries présentent des erreurs systématiques inadmissibles ainsi que de très grandes dispersions (par exemple, les longueurs r et s sur le chantier 22).

Il ne faut pas perdre de vue qu'il n'est pas absolument nécessaire que les limites de tolérance données sur la figure 5.1 correspondent aux tolérances indiquées, à la commande, par les entrepreneurs du chantier considéré.

Sur le tableau 5.2 et sur la figure 5.2 figurent les données relatives à l'équerrage des huisseries posées sur tous les chantiers. Quant aux écarts moyens des angles par rapport aux prescriptions (90°), nous n'avons pas utilisé tels quels les chiffres communiqués par les divers pays. Ces chiffres ont été corrigés de telle sorte que la somme algébrique de tous les écarts d'équerrage relevés sur un chantier (soit en général: $40 \times 4 = 160$ mesures d'angle), soit nulle.

Sur la figure 5.2, on a porté les limites de tolérance prescrites, à savoir $\pm 1,9$ mm.

Peu d'huisseries posées satisfont sur ce point aux exigences de précision de ce programme expérimental; (angles C et D sur le chantier 19, A et B sur le chantier 4 et A, B, C et D sur le chantier 12). Si tant d'angles dépassent la tolérance prescrite, cela est dû à ce que le champ de dispersion est très grand dans la plupart des cas (jusqu'à 22 mm).

⁽¹⁾ Le champ de dispersion normal est le champ à l'intérieur duquel on peut s'attendre à ce que se situent presque tous les exemplaires fournis (à savoir 98 %).

Huisseries de porte – Mesures indirectes des angles

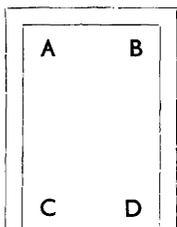
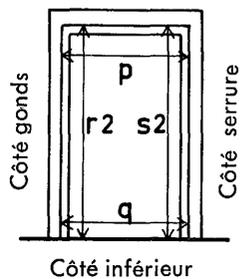
	Nombre d'huisséries	Ecart des mesures indirectes des angles par rapport à l'angle droit							
		Moyenne				Champs de dispersion normal			
		A	B	C	D	A	B	C	D
<i>Allemagne (R. F.)</i>									
2. Gelsenkirchen-Buer	40	− 0,90	+ 0,07	+ 0,60	+ 0,23	14,69	10,32	8,74	8,46
3. Gladbeck-Brauck	28	− 0,69	− 0,62	+ 0,71	+ 0,60	11,35	12,00	17,67	15,44
4. Gelsenkirchen-Nattmannsweg	35	− 0,27	− 0,05	− 0,10	+ 0,42	4,46	4,42	7,30	7,86
5. Höngen-Aachen	39	− 0,09	− 0,19	+ 0,89	− 0,61	14,23	13,58	16,00	15,44
6. Moers-Kaiserstr.	40	+ 0,22	+ 0,14	+ 0,13	− 0,49	9,16	10,37	10,88	8,14
7. Essen-Frintrop	34	− 0,26	− 1,78	+ 0,92	+ 1,12	5,96	12,95	7,55	7,55
8. Welper-Ruhr	40	− 1,85	+ 0,90	+ 1,52	+ 0,57	21,95	18,65	14,32	12,23
9. Salzgitter-Lebenstedt	40	− 0,81	− 0,27	+ 0,27	+ 0,81	16,14	20,92	11,62	12,23
<i>France</i>									
13. Florange	40	+ 0,32	− 1,65	− 0,34	+ 1,67	10,04	11,07	9,63	9,44
17. Longwy	40	− 0,73	+ 0,53	+ 0,52	− 0,32	10,83	10,93	11,90	11,67
18. Nilvange (Konacker)	40	− 0,36	+ 0,63	+ 0,89	− 1,16	7,35	7,21	14,14	14,23
<i>Italie</i>									
19. Milan-Forlanini	40	+ 0,38	− 0,26	− 0,03	− 0,09	9,35	9,90	2,42	2,56
<i>Pays-Bas</i>									
22. Heemskerk	38	+ 1,30	+ 0,55	—	—	4,19	4,19	—	—
<i>Belgique</i>									
12. Beyne-Heusay	40	+ 0,05	− 0,12	+ 0,10	− 0,01	4,42	4,23	3,49	3,39

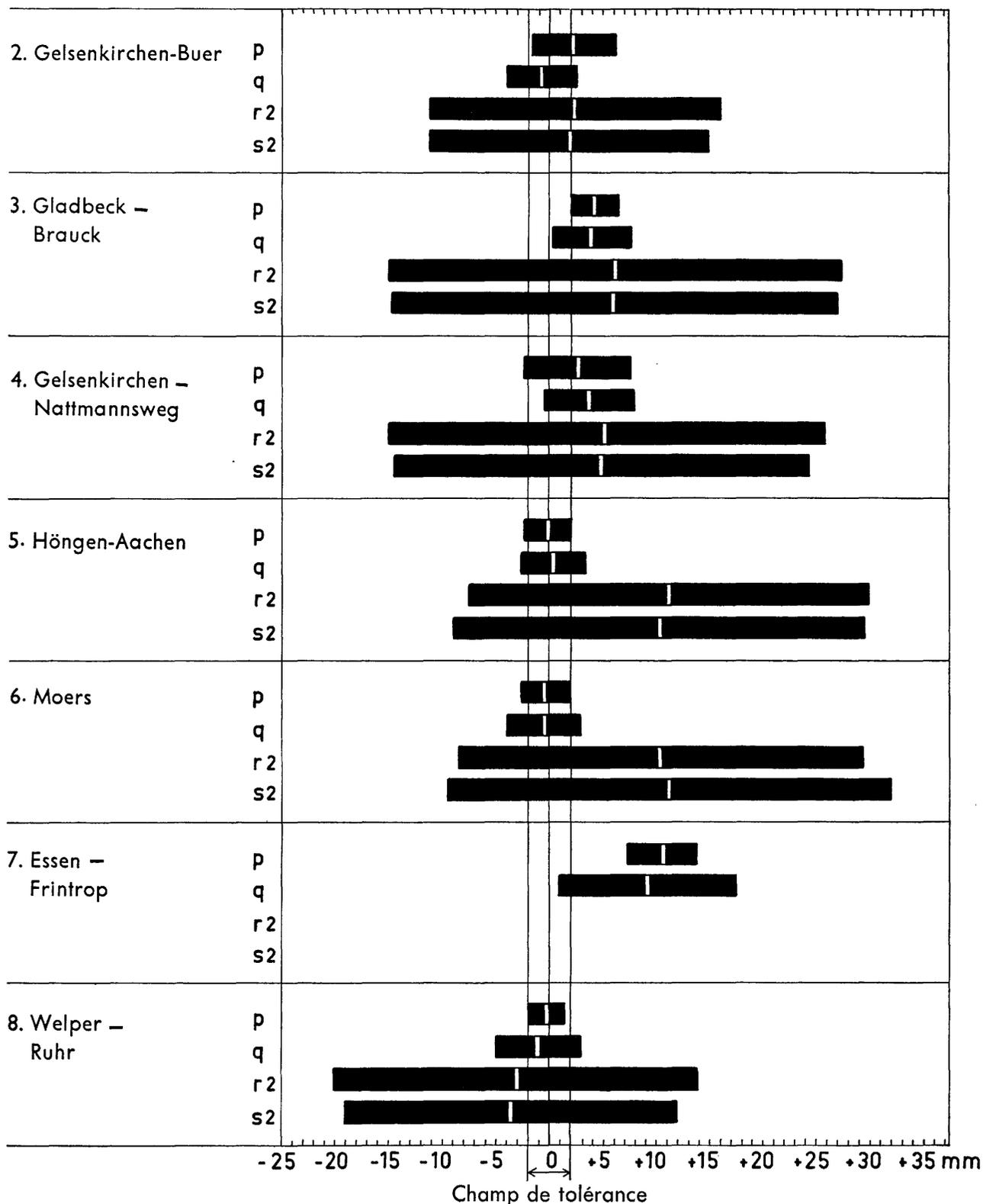
figure 5.1 feuille 1 Côté supérieur



Huisseries de porte

Mesures intérieures

Moyenne (écart par rapport aux dimensions prescrites) et champ de dispersion normal



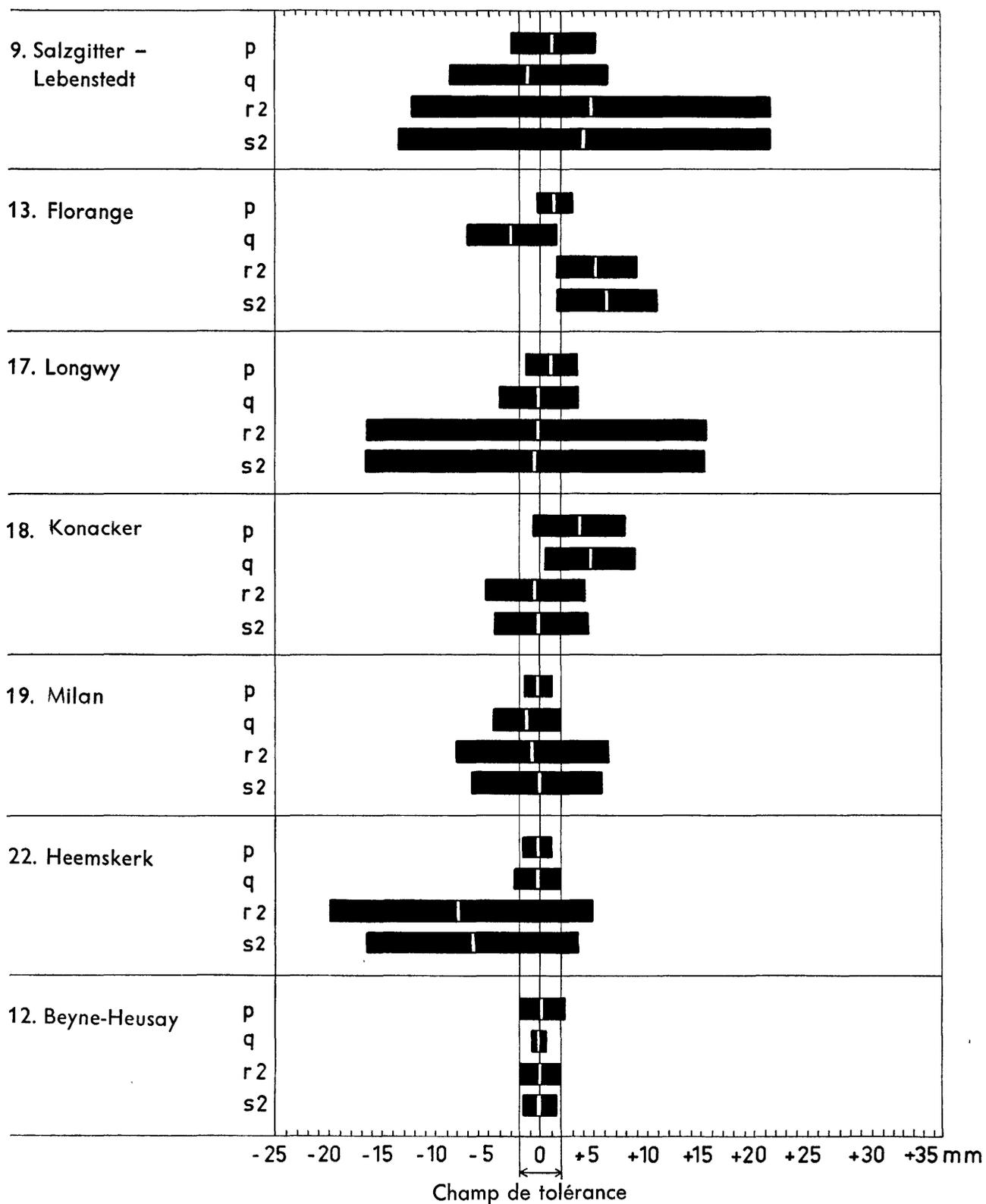
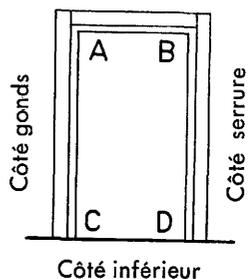


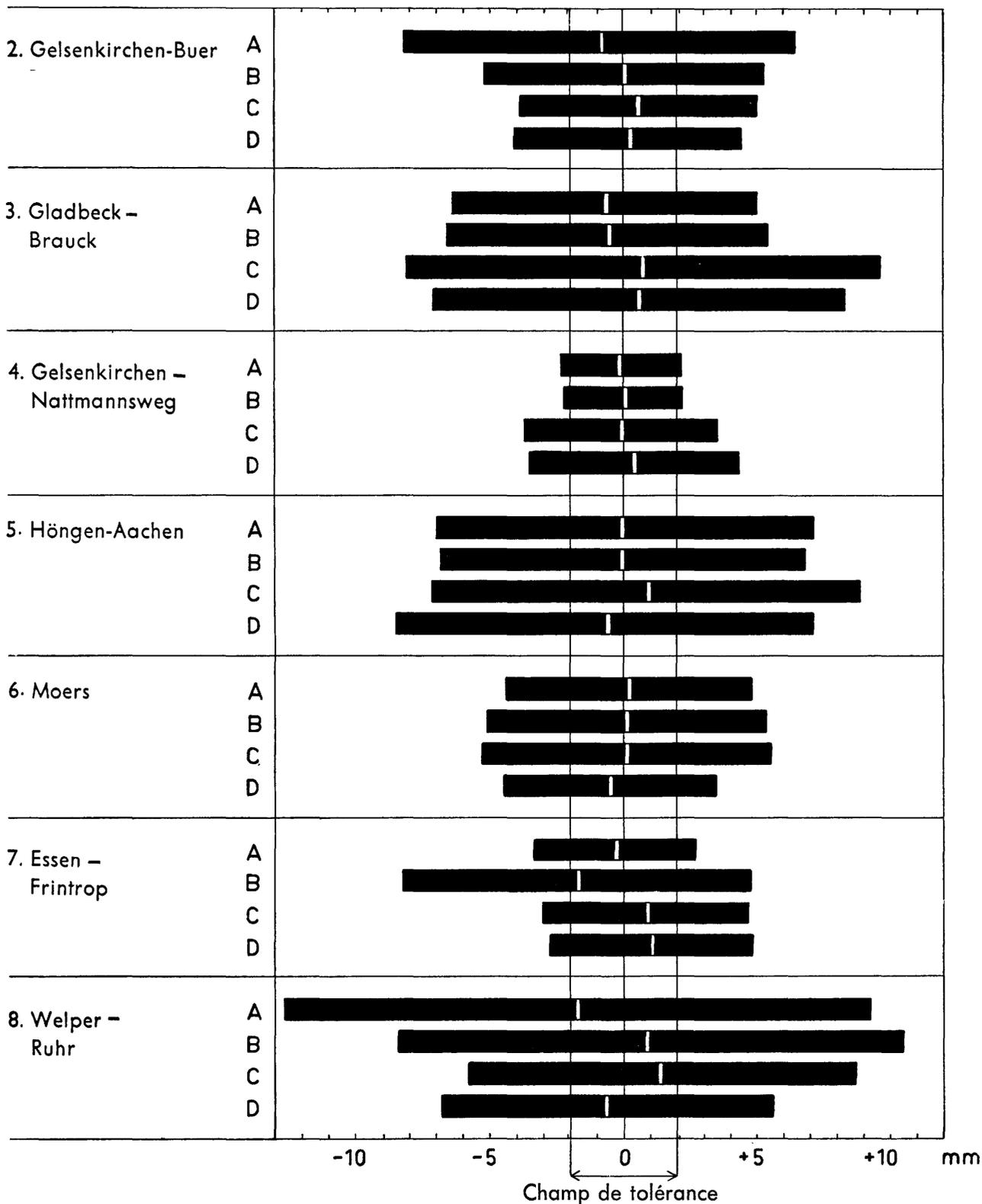
figure 5.2 feuille 1 Côté supérieur

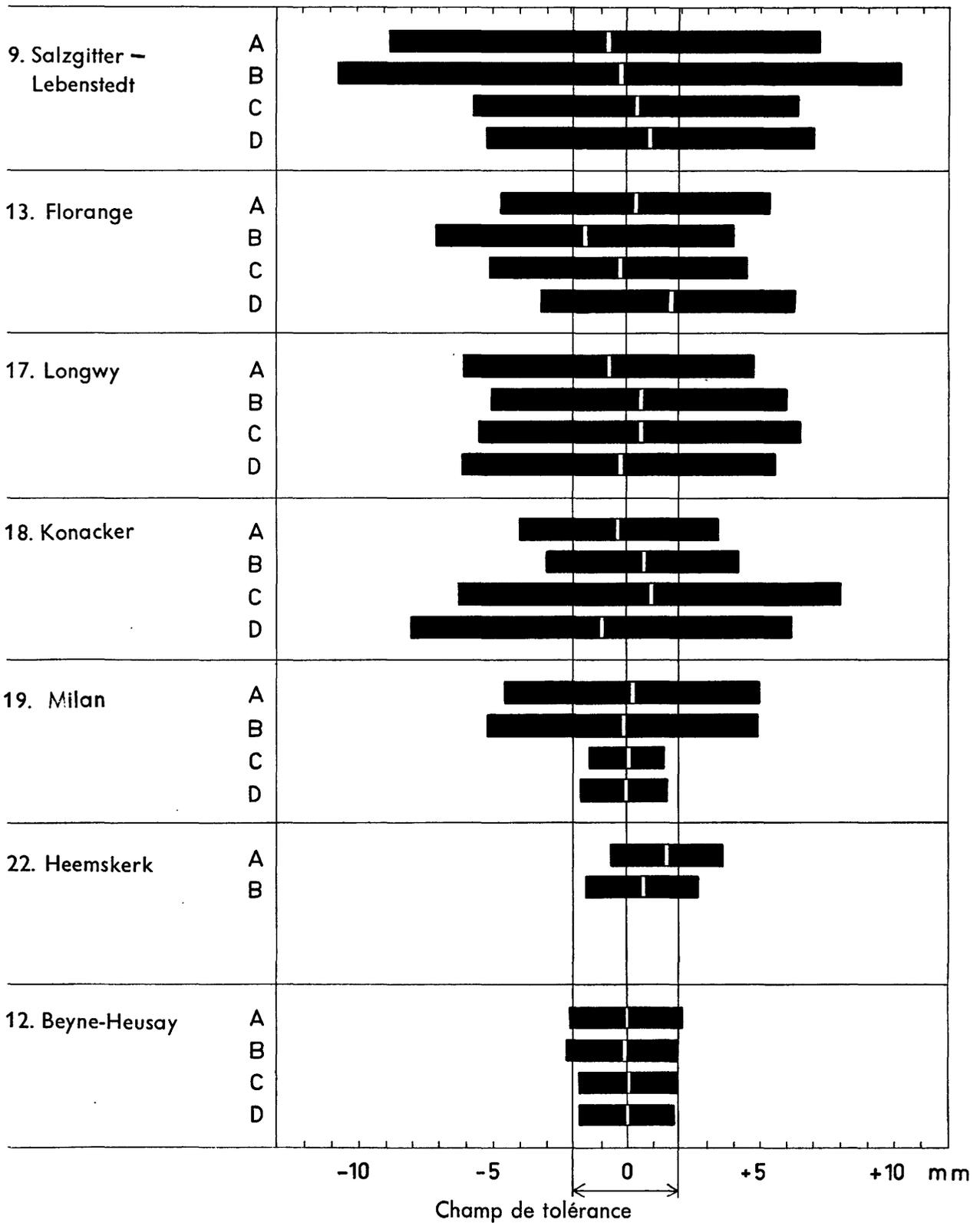


Huisseries de porte

Mesures indirectes des angles

Moyenne (écart par rapport à l'angle droit)
et champ de dispersion normal





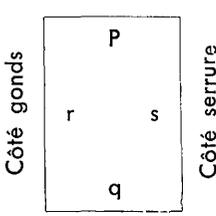
6. Dimensions et angles des panneaux de porte

Le tableau 6.1 groupe les résultats des mesures (écart moyen par rapport aux dimensions prescrites et champs de dispersion normaux) pour les quatre dimensions mesurées sur un certain nombre de portes, sur chaque chantier. Le tableau 6.2 mentionne les données correspondantes pour les quatre angles des panneaux de porte.

Dans l'ensemble, les dimensions et angles satisfont mieux aux règles prescrites pour les panneaux de porte que pour les huisseries. Cela est dû probablement au fait que les huisseries ont été mesurées en majeure partie après pose sur le chantier et que leurs dimensions et angles traduisent, par conséquent, l'imprécision de la fabrication augmentée de l'imprécision des travaux sur le chantier. Dans le cas des panneaux de porte, au contraire, les mesures ne traduisent que l'imprécision de fabrication.

Tableau 6.1

Panneaux de porte – Dimensions extérieures (à la livraison)

Côté Supérieur  Côté inférieur		Nombre de panneaux	Ecart des dimensions extérieures (mm) par rapport aux dimensions prescrites										
			Moyenne				Champ de dispersion normal						
			supérieure p	inférieure q	gonds r	serrure s	supérieure p	inférieure q	gonds r	serrure s			
<i>Allemagne (R. F.)</i>													
2. Gelsenkirchen-Buer	36	+ 0,90	+ 1,24	+ 1,30	+ 1,28	2,60	2,09	3,39	3,91				
3. Gladbeck-Brauck	40	+ 1,44	+ 1,72	+ 15,20	+ 15,20	7,91	7,39	51,75	51,99				
4. Gelsenkirchen-Nattmannsweg	40	+ 4,67	+ 4,41	+ 12,82	+ 11,77	8,00	8,56	29,71	30,27				
5. Höngen-Aachen	35	+ 0,95	+ 0,67	+ 11,31	+ 10,40	4,46	4,65	23,44	28,32				
6. Moers	40	— 0,14	— 0,14	— 1,29	— 1,29	3,07	3,07	3,63	3,77				
7. Essen-Frintrop	39	+ 11,13	+ 11,18	+ 14,46	+ 14,00	8,51	8,46	12,69	11,53				
8. Welper-Ruhr	40	+ 1,26	+ 1,24	+ 2,74	+ 2,74	3,02	3,35	2,37	2,19				
9. Salzgitter-Lebenstedt	40	— 2,60	— 2,20	+ 1,92	+ 1,90	2,79	3,63	8,04	7,07				
<i>France</i>													
13. Florange	40	— 2,95	— 3,38	+ 0,58	+ 0,60	4,60	5,72	4,37	5,49				
17. Longwy	40	— 3,03	— 2,96	+ 0,14	+ 0,10	2,23	2,19	1,07	0,93				
18. Nilvange (Konacker)	40	+ 1,36	+ 1,36	+ 0,14	+ 0,29	2,28	2,23	1,40	1,95				
<i>Italie</i>													
19. Milan-Forlanini	40	+ 0,28	+ 0,55	+ 0,90	+ 0,64	3,07	3,35	2,00	1,91				
<i>Pays-Bas</i>													
22. Heemskerk	42	+ 0,20	+ 0,34	+ 0,55	+ 0,52	1,26	1,63	2,42	2,74				
<i>Belgique</i>													
12. Beyne-Heusay	40	— 0,07	+ 0,29	+ 0,41	+ 0,25	3,23	3,37	8,83	3,76				

Panneaux de porte – Mesures indirectes des angles

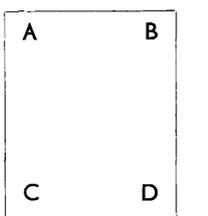
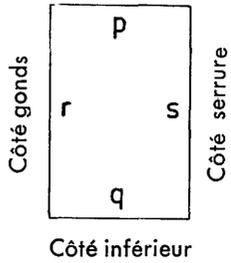
	Nombre de panneaux	Ecart des mesures indirectes (mm) par rapport à l'angle droit							
		Moyenne				Champ de dispersion normal			
		A	B	C	D	A	B	C	D
<i>Allemagne (R. F.)</i>									
2. Gelsenkirchen-Buer	40	— 0,42	— 0,35	+ 0,27	+ 0,50	3,49	3,30	4,84	6,51
3. Gladbeck-Brauck	40	+ 0,26	+ 0,24	— 0,24	— 0,26	0	0,74	5,86	8,60
4. Gelsenkirchen-Nattmannsweg	40	— 0,63	+ 0,51	— 0,51	+ 0,64	6,65	8,32	11,35	12,14
5. Höngen-Aachen	35	+ 0,58	— 0,45	+ 1,23	— 1,36	7,44	8,46	11,95	11,25
6. Moers	40	— 0,91	+ 0,99	— 0,23	+ 0,14	17,11	16,97	10,37	11,07
7. Essen-Frintrop	39	+ 0,01	— 0,08	0	+ 0,08	0,84	1,81	0	1,40
8. Welper-Ruhr	40	—	—	—	—	—	—	—	—
9. Salzgitter-Lebenstedt	40	+ 0,23	+ 0,04	— 0,02	— 0,26	2,88	2,00	3,26	4,56
<i>France</i>									
13. Florange	40	— 0,11	— 0,03	+ 0,14	+ 0,02	2,98	2,32	3,12	2,56
17. Longwy	40	+ 0,45	— 0,44	+ 0,45	— 0,46	0,70	0,79	0,70	0,74
18. Konacker	40	— 0,50	+ 0,54	+ 0,36	— 0,40	4,93	5,21	5,35	5,44
<i>Italie</i>									
19. Milan-Forlanini	40	+ 0,78	— 0,91	— 0,64	+ 0,78	2,00	1,49	1,35	1,30
<i>Pays-Bas</i>									
22. Heemskerk	42	— 0,16	+ 0,18	+ 0,03	— 0,04	2,70	2,37	2,09	2,33

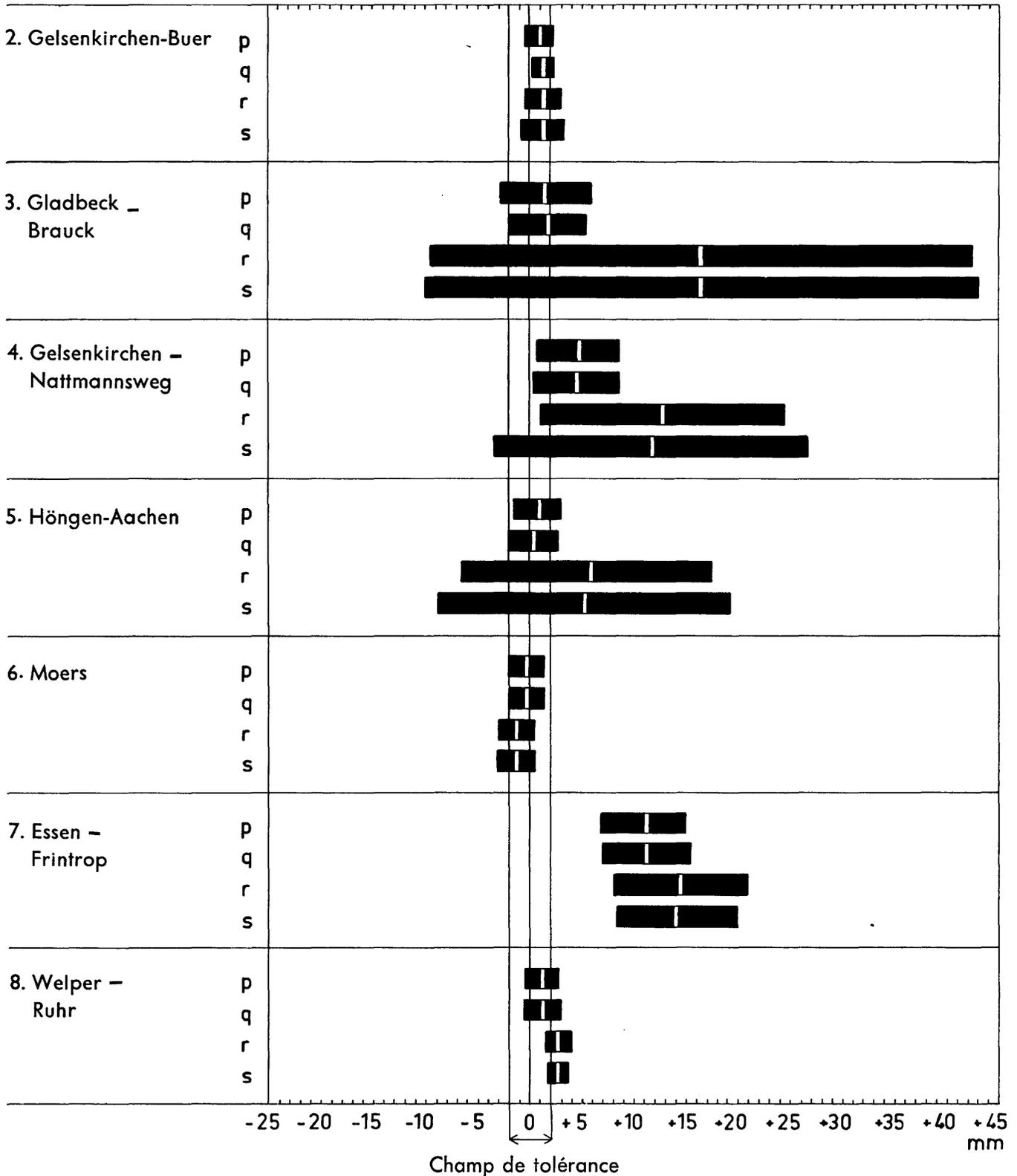
figure 6.1 feuille 1 Côté supérieur



Panneaux de porte

Mesures extérieures

Moyenne (écart par rapport aux dimensions prescrites) et champ de dispersion normal



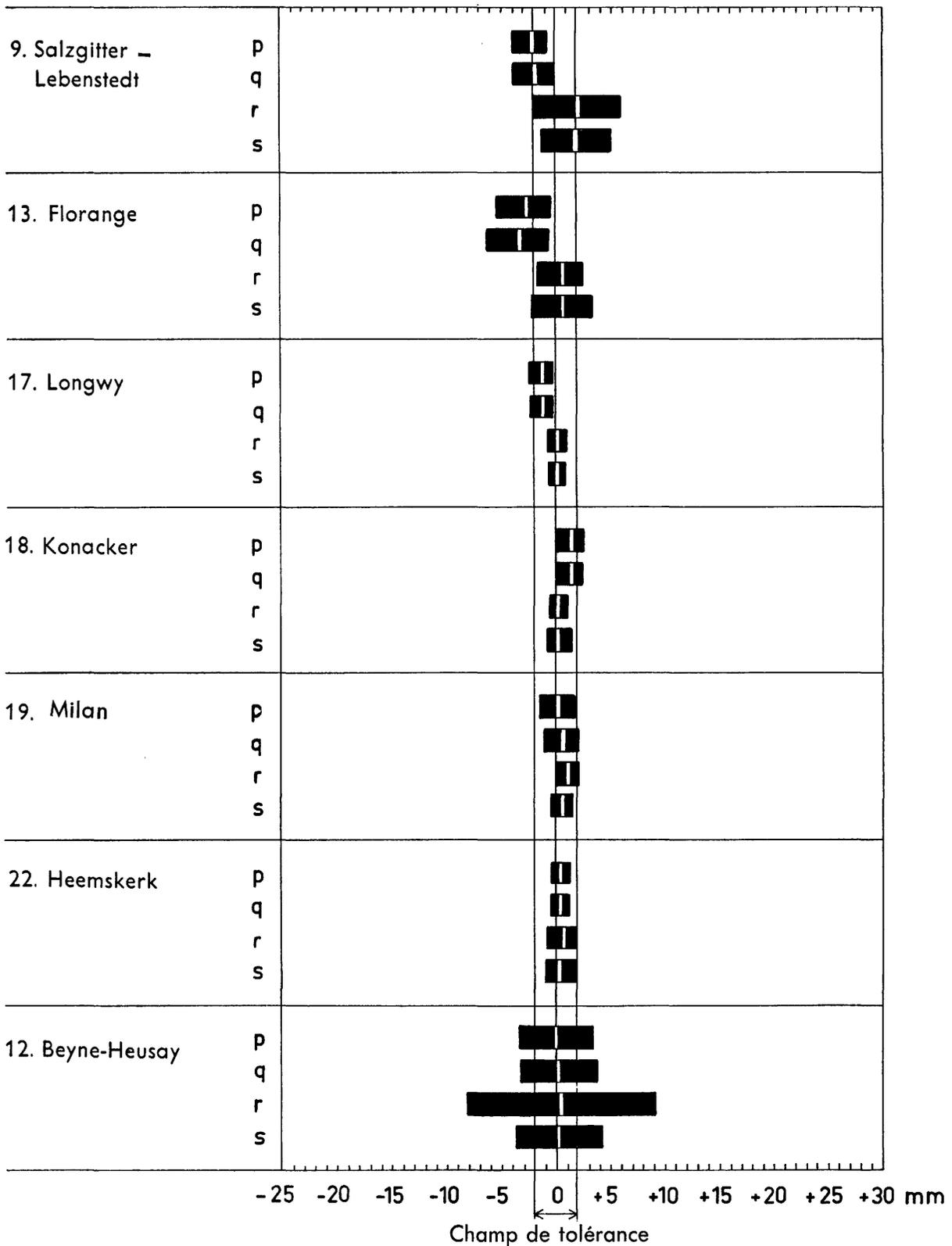
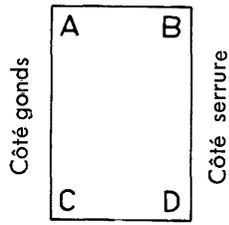


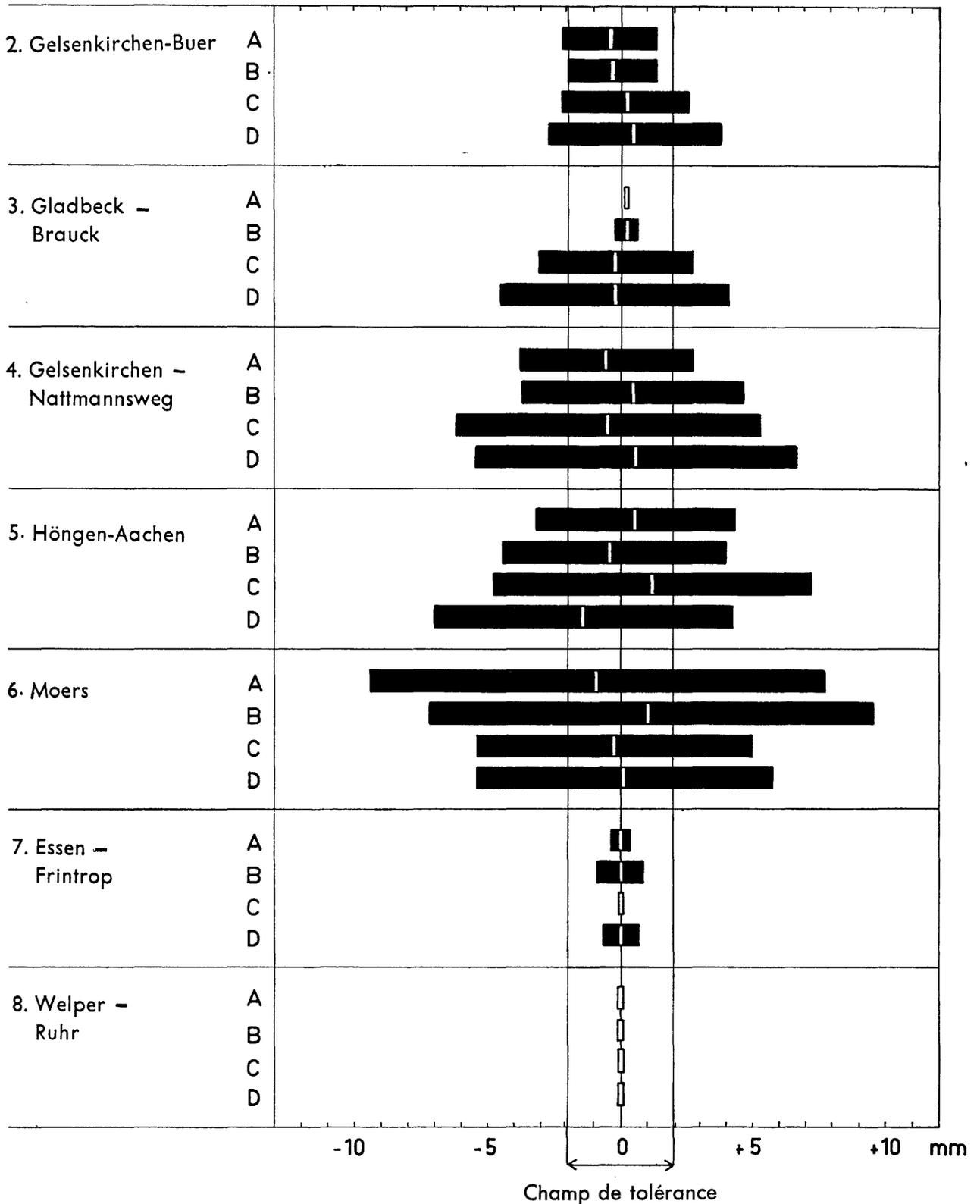
figure 6.2 feuille 1 Côté supérieur

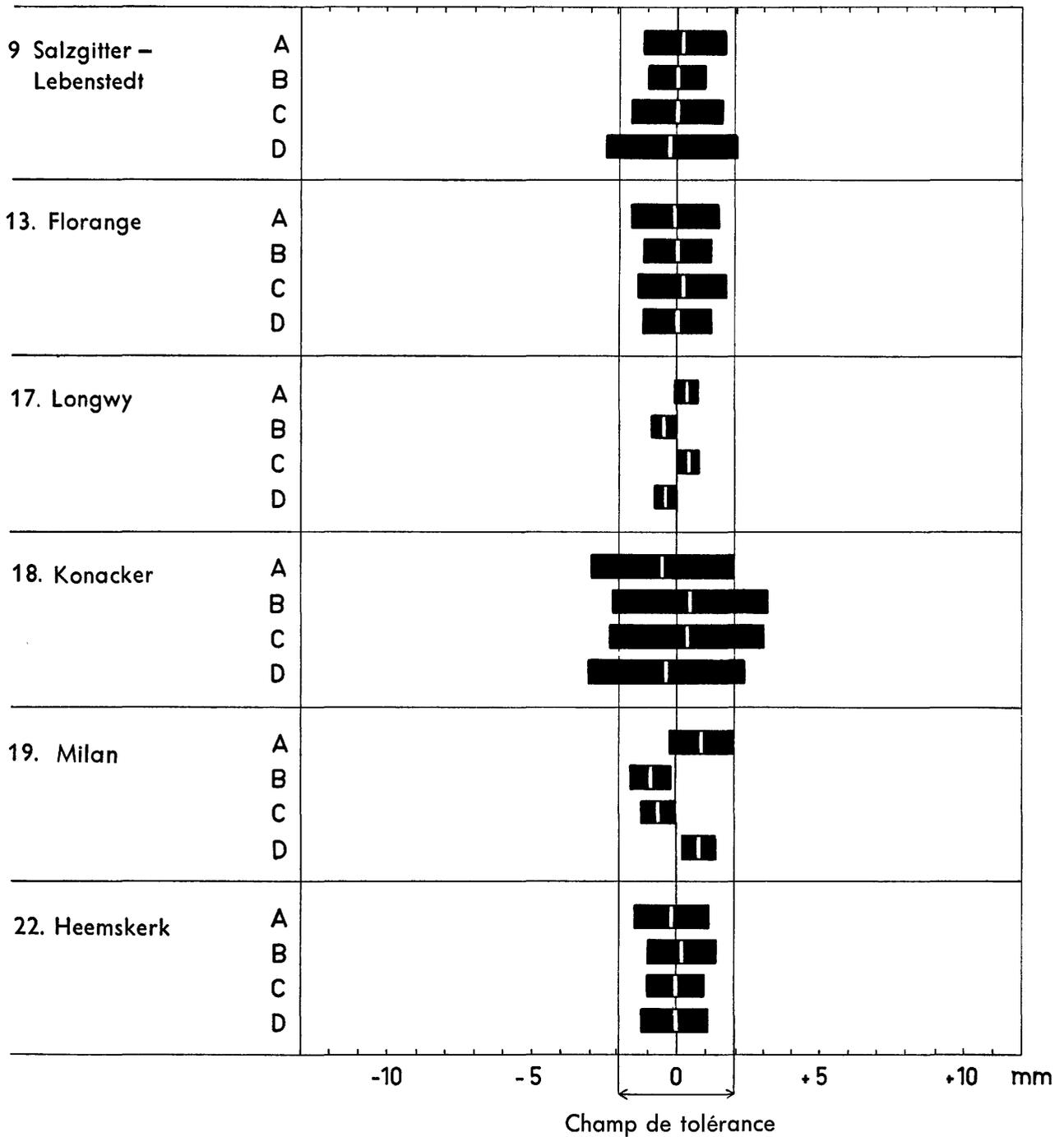


Panneaux de porte

Mesures indirectes des angles

Moyenne (écart par rapport à 90°)
et champ de dispersion normal





Néanmoins, pour les panneaux de porte, on peut distinguer, comme pour les huisseries, les cas suivants:

En ce qui concerne les dimensions (voir figure 6.1):

- a. moyenne correcte, faible dispersion (dimensions p et q sur le chantier 6, dimensions r et s sur le chantier 17);
- b. moyenne correcte, trop grande dispersion (dimensions p et q sur le chantier 3);
- c. mauvaise moyenne, faible dispersion (dimensions r et s sur le chantier 8);
- d. mauvaise moyenne, trop grande dispersion (dimensions r et s sur le chantier 4).

En ce qui concerne les angles (voir figure 6.2):

- a. moyenne correcte, faible dispersion (angles A, B, C et D sur le chantier 17);
- b. moyenne correcte, trop grande dispersion (angles A, B, C et D sur le chantier 4);
- c. mauvaise moyenne, faible dispersion (angles A, B, C et D sur le chantier 19);
- d. mauvaise moyenne, trop grande dispersion (angles A, B, C et D sur le chantier 5).

Comme nous l'avons déjà dit au sujet des huisseries, les résultats obtenus lors des mesures d'angles des panneaux de porte ont également été corrigés de telle sorte que la somme algébrique de toutes les mesures d'angles effectuées sur un chantier (soit, en général, 160 mesures) soit égale à 0.

7. Jeux

Sur trois chantiers français, un chantier allemand et un chantier hollandais on a mesuré et apprécié les jeux selon la procédure prescrite.

L'analyse de ces données a toujours été effectuée sur la base de la note d'appréciation moyenne donnée par les divers observateurs (quatre en France et en Allemagne, trois aux Pays-Bas) concernant le même jeu. Il a paru utile de traiter séparément la relation existant entre la valeur du jeu et la note d'appréciation pour les quatre jeux observés (côtés supérieur et inférieur, côtés gonds et serrure) les appréciations différant nettement. On a en revanche combiné les résultats obtenus dans les divers pays, des différences essentielles n'ayant pas été constatées à cet égard. L'appréciation du jeu existant entre l'huisserie et le panneau de porte dépend de deux facteurs:

- a. La grandeur des jeux, c'est-à-dire la distance entre les bords du panneau et l'huisserie;
- b. L'uniformité des jeux, c'est-à-dire le parallélisme des bords du panneau et de l'huisserie.

On a étudié, en conséquence, la relation:

- a. entre la grandeur du jeu – dans les seuls cas où les deux jeux appréciés simultanément ne diffèrent pas de plus de 0,5 mm – et la note d'appréciation;
- b. entre la différence des deux jeux appréciés simultanément et la note d'appréciation.

Sur la figure 7.1 on a représenté la relation entre la grandeur du jeu et l'appréciation. On constate que, lorsque les jeux sont très faibles, les notes d'appréciation sont élevées, que la meilleure appréciation est donnée pour des jeux variant de 0,5 à 1,0 mm, et que, au fur et à mesure que les jeux augmentent, l'appréciation devient progressivement plus mauvaise.

Appréciation des jeux, rapportée à leur grandeur

Notes d'appréciation moyennes

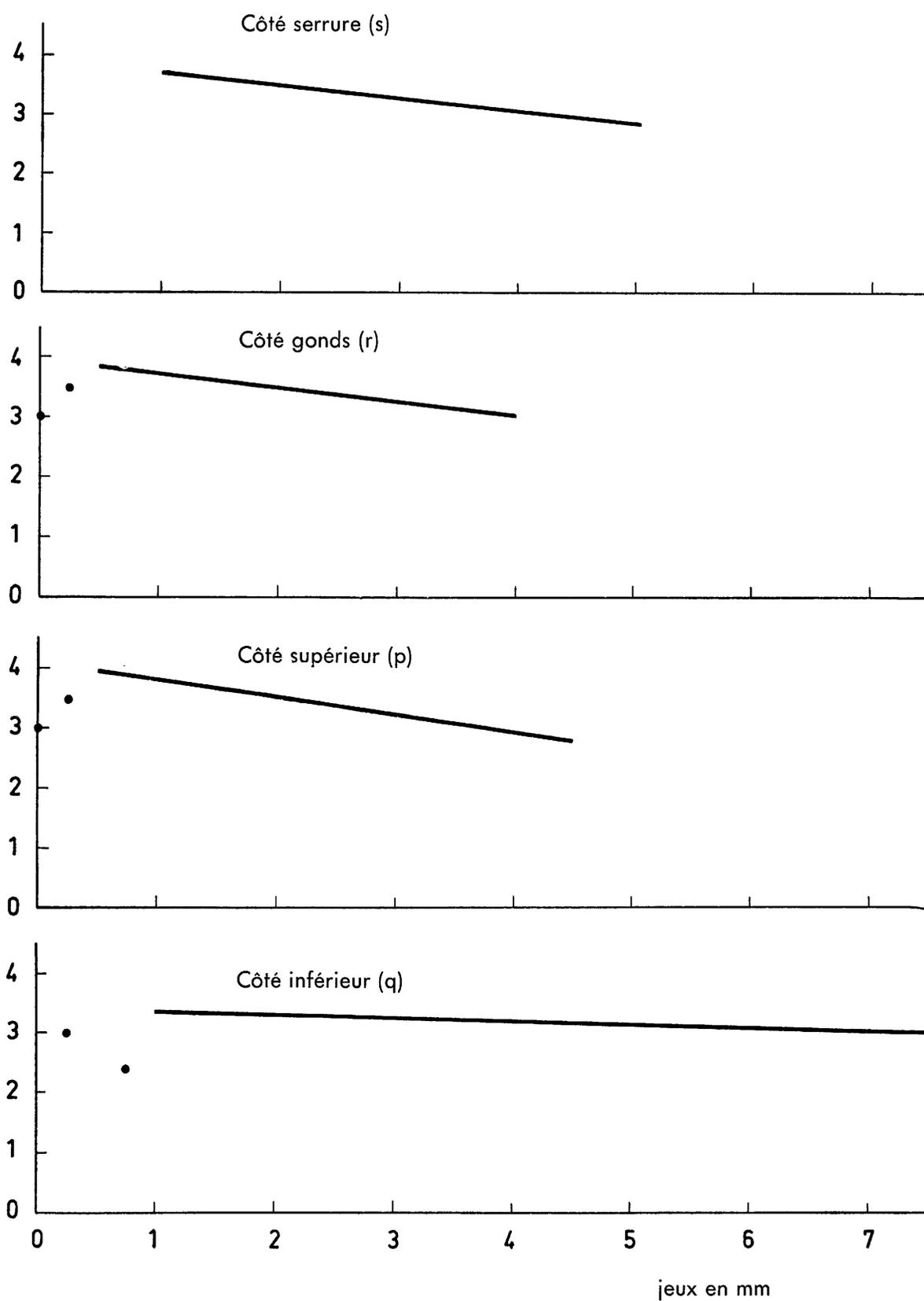
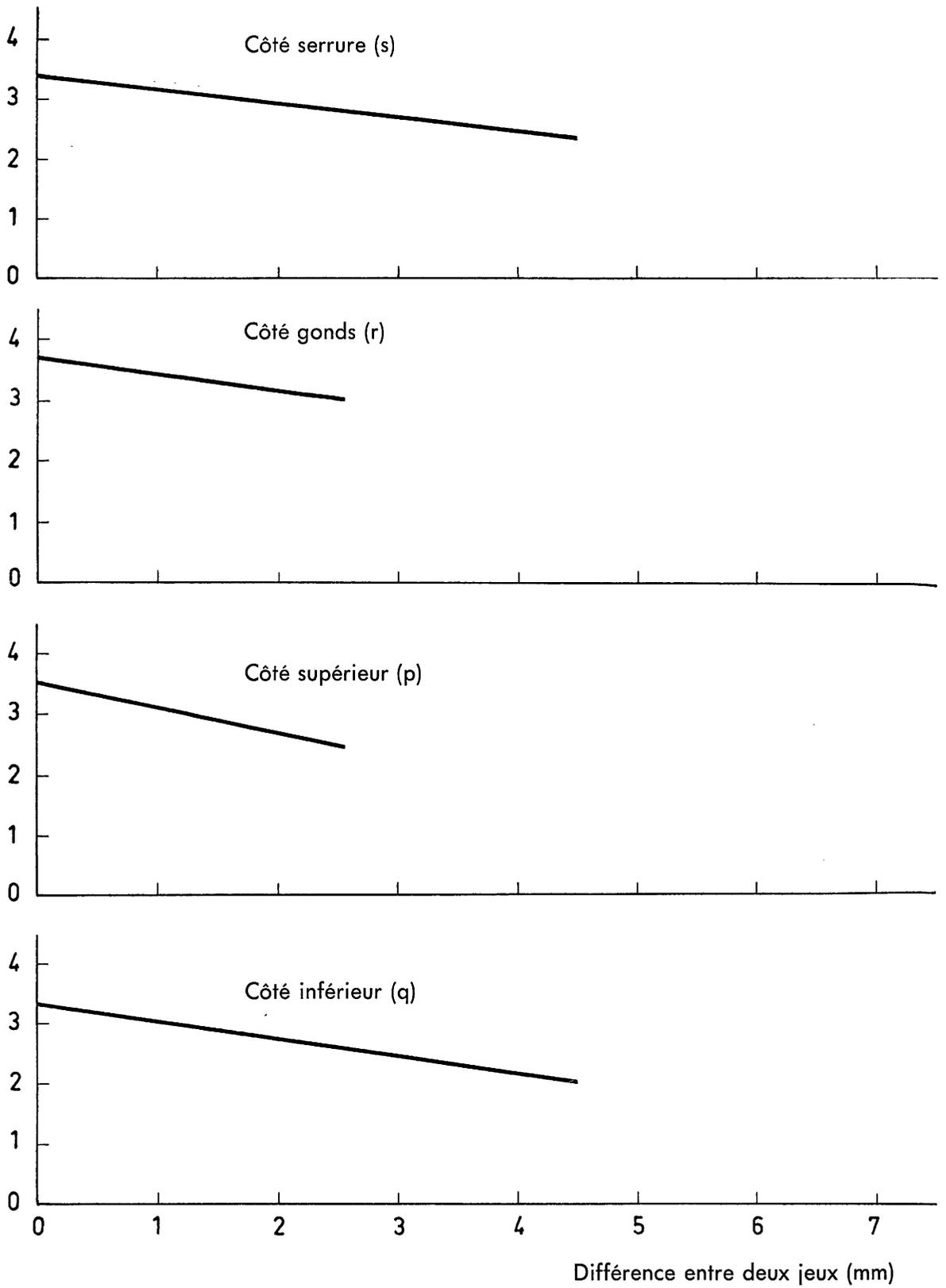


figure 7.2

Appréciation des jeux, rapportée à leur asymétrie

Notes d'appréciation moyennes



La note d'appréciation diminue plus vite dans les appréciations du côté supérieur (diminution d'un point pour un accroissement du jeu de 3,6 mm); la diminution de la note d'appréciation concernant le côté gonds et le côté serrure est presque aussi rapide (diminution d'un point pour un accroissement du jeu de 4,5 mm); la diminution de la note d'appréciation pour le côté inférieur du panneau de porte est la moins rapide (diminution de 0,1 point pour un accroissement du jeu de 2,3 mm).

Sur la figure 7.2, on a représenté la relation entre la différence de la valeur de 2 jeux (correspondant à un même côté) et la note d'appréciation.

Il va sans dire que les meilleures appréciations sont obtenues quand la différence des jeux est égale à 0; à mesure que la différence des jeux – c'est-à-dire l'asymétrie – des bords des panneaux et des huisseries s'accroît, la note d'appréciation diminue. Cette diminution présente l'aspect suivant: le côté supérieur est de nouveau le plus sensible (une diminution d'un point pour un accroissement de l'asymétrie de 2,2 mm). Le côté serrure et le côté gonds présentent environ la même sensibilité (une diminution d'un point pour un accroissement de l'asymétrie de $\pm 4,2$ mm).

Le côté inférieur est assez sensible à l'asymétrie (une diminution d'un point pour un accroissement de 3,5 mm).

La relation entre la grandeur du jeu et l'asymétrie de jeu, d'une part, et l'appréciation déduite des résultats d'observation dont il est fait mention dans le présent rapport, d'autre part, correspond bien aux données communiquées dans le rapport intitulé: «Détermination objective des tolérances de dimension des portes et huisseries». Néanmoins, les résultats d'observation dont il est question ici font apparaître la nécessité de traiter séparément les divers côtés (côté supérieur, côté inférieur, côté gonds, et côté serrure).

8. Expérimentations italiennes

Les expérimentations italiennes (chantier de Milan) font l'objet d'un chapitre séparé, le chantier italien étant le seul où toutes les parties essentielles du programme ont été réalisées. En effet les panneaux de porte et les huisseries ont été commandés conformément aux prescriptions, les panneaux et les huisseries ont été livrés de façon assez conforme à la commande, le montage a été exécuté en majeure partie sans qu'il ait été nécessaire de retoucher les panneaux de portes, et enfin les jeux ont été appréciés, sauf dans les cas où le mode de construction adopté n'a pas permis de les mesurer.

Les données italiennes sont donc les seules qui permettent de vérifier l'exactitude de la thèse selon laquelle la fabrication et le montage industriels des portes et huisseries sont réalisables.

a. Commande, livraison et pose d'huisseries et de panneaux de porte

La plupart des portes ont été livrées conformément aux instructions spécifiées à la commande. Les tolérances des dimensions et angles ne dépassent donc pas les tolérances imposées. C'est ce qu'illustrent les figures 6.1 et 6.2.

La dimension p (mesurée à la livraison) des huisseries est bonne (voir figure 5.1). Toutes les autres dimensions et angles ont été mesurés après la pose. Les dimensions q, r et s présentent un trop grand champ de dispersion, notamment r et s (voir figure 5.1). Les angles C et D ont une valeur correcte, alors que les angles A et B accusent une trop grande dispersion (voir figure 5.2).

Tableau 8.1

*Ecarts par rapport aux spécifications (mm) des dimensions d'huisseries,
dans la mesure où elles se situent dehors du champ de tolérance*

Chantier: Milan

N° de l'huissérie	p	q	r	s	A	B	C	D	Retouches
1									
2					+ 2	- 2			x
3		- 5							x
4									x
5		- 2,5							
6		- 3							x
7		- 2,5							x
8			- 5	- 4	+ 3	- 3½			x
9		- 2,5				- 2			
10			- 6	- 5					x
11									
12			- 9	- 7					x
13					+ 2,5	- 2			
14		- 2,5							x
15					+ 2,5	- 2			
16			- 4	- 5					
17			- 5	- 4					x
18			+ 5	+ 3					x
19			+ 3	+ 4					x
20									
21		- 5							x
22			+ 4	+ 3	- 2,5	+ 2			
23					+ 6,5	- 8			
24									
25					- 2,5	+ 3			x
26									
27									
28			- 7	- 7	+ 2				x
29			- 6		+ 2	- 2			x
30						+ 2,5			x
31			- 4						
32					+ 2				
33		- 3,5							x
34									
35									
36									
37					+ 3	- 2,5			
38			+ 5	+ 4	- 5	+ 5			x
39		- 5			- 3,5	+ 3,5			x
40									
									20

Sur le tableau 8.1, on a indiqué les dépassements de tolérance des quarante huisseries mesurées sur le chantier de Milan. Conformément à ce qui a été dit ci-dessus, aucun dépassement n'a été relevé pour la dimension p et les angles C et D. Ce tableau signale également les huisseries qui ont exigé des travaux de retouche sur les portes qui leur étaient destinées.

b. Montage avec et sans retouches

En étudiant le tableau 8.1, on constate que vingt huisseries ont dû être retouchées au montage alors que vingt autres ont pu être posées *telles quelles*.

A une exception près (n° 4), toutes les huisseries qui ont nécessité des retouches présentaient une anomalie, notamment en ce qui concerne les dimensions q, r ou s. Les huisseries dont les tolérances de dimensions et d'angles ne dépassaient pas les limites prescrites n'ont pratiquement jamais nécessité de retouches lors du montage. On peut donc classer les panneaux de porte et les huisseries utilisés sur le chantier de Milan en deux catégories: celle qui comprend les éléments ayant pu être montés sans nécessiter de retouches et celle groupant les éléments qui ont dû être retouchés. Sur le tableau 8.2, on a mentionné, pour les deux catégories, les écarts moyens par rapport aux spécifications et les champs de dispersion normaux, tant pour les dimensions que pour les angles. Il apparaît très nettement, en ce qui concerne les dimensions, que les panneaux de porte et les huisseries, et surtout les huisseries de la catégorie des éléments «non retouchés», présentent une qualité dimensionnelle de loin supérieure à celle

Chantier de Milan, Italie
Panneaux de porte

Tableau 8.2

Dimensions extérieures (mm) Écart par rapport aux spécifications	Nombre de panneaux	Moyenne				Champ de dispersion normal			
		côté supérieur p	côté inférieur q	côté gonds r	côté serrure s	côté supérieur p	côté inférieur q	côté gonds r	côté serrure s
Panneaux non retouchés	20	+ 0,08	+ 0,30	+ 0,73	+ 0,60	1,12	1,77	1,58	1,77
Panneaux retouchés au montage	20	+ 0,48	+ 0,80	+ 1,08	+ 0,68	4,05	4,14	2,05	2,19
Mesures indirectes des angles	Nombre de panneaux	Moyenne				Champ de dispersion normal			
		Angle A	Angle B	Angle C	Angle D	Angle A	Angle B	Angle C	Angle D
Panneaux non retouchés	20	+ 0,72	— 0,86	— 0,58	+ 0,72	2,00	1,16	1,35	1,49
Panneaux retouchés au montage	20	+ 0,58	— 1,22	— 0,94	+ 0,58	2,05	1,67	1,16	1,12
Huisseries de porte									
Dimensions intérieures (mm) Écart par rapport aux spécifications	Nombre d'huisseries	Moyenne				Champ de dispersion normal			
		côté supérieur p	côté inférieur q	côté gonds r	côté serrure s	côté supérieur p	côté inférieur q	côté gonds r	côté serrure s
Panneaux non retouchés	20	— 0,15	— 0,80	— 0,65	+ 0,25	2,00	4,56	9,21	8,51
Panneaux retouchés au montage	20	— 0,35	— 1,75	— 1,10	— 0,65	2,51	8,88	18,65	15,35
Mesures indirectes des angles	Nombre d'huisseries	Moyenne				Champ de dispersion normal			
		Angle A	Angle B	Angle C	Angle D	Angle A	Angle B	Angle C	Angle D
Panneaux non retouchés	20	+ 0,80	— 0,64	— 0,07	— 0,09	9,07	10,14	1,77	2,19
Panneaux retouchés au montage	20	— 0,05	+ 0,13	+ 0,01	— 0,09	9,44	9,58	3,02	2,93

des éléments «retouchés». S'il est possible de fabriquer et de poser des huisseries dont les tolérances ne dépassent pas les limites de tolérance spécifiées au programme, la preuve sera faite que le montage industriel des portes est possible.

c. *Appréciation des jeux*

On pourrait craindre que le montage, sans retouches, des portes et des huisseries entraîne de plus mauvais ajustements. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons calculé séparément la note moyenne d'appréciation des jeux pour toutes les combinaisons réalisées, avec ou sans retouches.

Pour les combinaisons ayant nécessité des retouches, nous avons trouvé une note moyenne de 2,74, alors que pour les combinaisons n'ayant pas nécessité de retouches, la moyenne est de 3,46.

On peut donc constater que les résultats sont plus mauvais dans le cas où des huisseries, mal dimensionnées et / ou mal posées, sont retouchées après la pose que dans les cas où les portes sont montées dans des huisseries de bonne qualité dimensionnelle et correctement posées (sans retouches).

9. *Précision des observations*

Une analyse de l'ensemble des résultats d'observation ne pourra aboutir à des conclusions valables que si les observations ont été suffisamment précises, ou que, si les résultats, tels que les moyennes et les dispersions, dans le cas où la précision des observations a été moins grande, ont été corrigés en vue d'éliminer l'effet de l'imprécision des observations. Dans les deux cas, il est nécessaire d'avoir une estimation suffisamment nette de la précision d'observation. Cette estimation peut se déduire de mesures et d'appréciations répétées, c'est-à-dire qu'une partie des mesures et appréciations doivent être recommencées, soit par le même observateur, soit par un autre, évidemment sans que l'observateur en cause connaisse les résultats de la première observation.

Cet examen est incomplet si le nombre d'observations répétées est insuffisant. Malheureusement des mesures répétées n'ont été effectuées qu'aux Pays-Bas et en Belgique; des appréciations répétées ont été par contre effectuées dans plusieurs pays.

Les tableaux 9.1, 9.2, 9.3 et 9.4 donnent un aperçu des mesures répétées effectuées sur le chantier d'Heemskerk. Les tableaux 9.5 et 9.6 contiennent un relevé de celles effectuées sur le chantier de Beyne-Heusay.

La précision de mesure – ou plutôt l'imprécision de mesure – de certaines dimensions peut se mesurer par l'écart moyen arithmétique (moyenne des valeurs absolues des écarts) correspondant à deux ou plusieurs mesures du même objet (w). En supposant une distribution normale des erreurs de mesure, on peut en déduire l'écart-type de la mesure (f) et la variance des erreurs (f^2).

On admet que la relation suivante s'applique

$$a^x = a + e$$

où

a^x ... est le résultat de la mesure

a ... est la valeur réelle de la grandeur mesurée,

e ... est l'erreur de mesure, pour un échantillon aléatoire de distribution normale avec moyenne 0 et écart-type f .

Tableau 9.1

*Mesures répétées (mm) d'huisseries (à la livraison) Heemskerk – Pays-Bas
(Deux observateurs, une mesure chacun)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté gonds	Côté serrure	Côtés verticaux
Nombre de mesures répétées	n	42	42	42	84
Écart moyen arithmétique	\bar{w}	0,286	0,429	0,560	0,494
Écart-type	f	0,253	0,379	0,496	0,438
Variance	f ²	0,064	0,144	0,246	0,192

Tableau 9.2

*Mesures répétées (mm) d'huisseries (après pose) Heemskerk – Pays-Bas
(Un observateur, deux mesures)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté gonds	Côté serrure	Côtés verticaux	Angle A	Angle B	Angles A + B
Nombre de mesures répétées	n	4	4	4	8	4	4	8
Écart moyen arithmétique	\bar{w}	0,375	0,875	0,250	0,562	0,250	0,375	0,312
Écart-type	f	0,332	0,775	0,222	0,498	0,222	0,332	0,276
Variance	f ²	0,110	0,601	0,049	0,248	0,049	0,110	0,076

Tableau 9.3

*Mesures répétées (mm) de panneaux (à la livraison) Heemskerk – Pays-Bas
(Un observateur, deux mesures)*

	Symbole	Côté					Angle				
		Supérieur	Inférieur	Gonds	Serrure	Tous les côtés	A	B	C	D	Tous les angles
Nombre de mesures répétées	n	4	4	4	4	16	4	4	4	4	16
Écart moyen arithmétique	\bar{w}	0,250	0,625	0,125	0,375	0,344	0,375	0,125	0,125	0,125	0,187
Écart-type	f	0,222	0,554	0,111	0,332	0,305	0,332	0,111	0,111	0,111	0,166
Variance	f ²	0,049	0,307	0,012	0,110	0,092	0,110	0,012	0,012	0,012	0,028

Tableau 9.4

*Mesures répétées (mm) des jeux entre les huisseries et les panneaux. Heemskerk – Pays-Bas
(Un observateur, deux mesures)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté inférieur	Côtés gonds	Côté serrure	Tous les côtés
Nombre de mesures répétées	n	4	4	4	4	16
Écart moyen arithmétique	\bar{w}	0	0,250	0,250	0	0,125
Écart-type	f	0	0,222	0,222	0	0,111
Variance	f ²	0	0,049	0,049	0	0,012

Tableau 9.5

*Mesures répétées (mm) d'huisseries (à la livraison) Beyne-Heusay – Belgique
(Deux observateurs, une mesure chacun)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté gonds	Côté serrure	Côtés verticaux
Nombre de mesures répétées	n	40	40	40	80
Écart moyen arithmétique	\bar{w}	1,025	0,975	1,175	1,075
Écart-type	f	0,908	0,864	1,041	0,953
Variance	f ²	0,825	0,747	1,084	0,908

Tableau 9.6

*Mesures répétées (mm) d'huisseries (après la pose) Beyne-Heusay – Belgique
(Deux observateurs, une mesure chacun)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté gonds	Côté serrure	Côtés verticaux
Nombre de mesures répétées	n	39	39	39	78
Écart moyen arithmétique	\bar{w}	0,821	1,013	0,667	0,840
Écart-type	f	0,727	0,898	0,591	0,744
Variance	f ²	0,529	0,806	0,349	0,554

On a l'impression d'une précision satisfaisante, surtout si l'on tient compte des grandes longueurs mesurées et du fait que les instruments utilisés pour effectuer les mesures sur chantier étaient assez rudimentaires.

Les données obtenues lors des mesures répétées peuvent être exploitées de la façon suivante:

a. *Correction pour erreurs d'observation systématiques*

S'il apparaît qu'un observateur (ou l'ensemble observateur + instrument de mesure) obtient systématiquement des résultats supérieurs ou inférieurs à ceux d'un autre observateur (ou d'un autre ensemble: observateur + instrument de mesure), tous les résultats de mesure de l'observateur qui a fait l'erreur systématique seront corrigés après étalonnage (c'est-à-dire après avoir déterminé lequel des deux observateurs a appliqué la technique de mesure correcte), la valeur de la correction étant égale à la différence des résultats moyens obtenus par les deux observateurs.

Cette correction n'a de sens que si l'erreur systématique est réelle, c'est-à-dire si la moyenne des écarts des deux observations est supérieure à ce qu'on peut expliquer par les erreurs de mesure accidentelles.

Lors des mesures répétées («Mesures répétées mixtes») effectuées au cours de l'exécution du programme par des observateurs différents, on n'a pas constaté d'erreurs systématiques notables (la moyenne des écarts de 42 observations effectuées par deux observateurs diffé-

rents (tableau 9.1) n'était que de 0,1 mm, ce qui n'est pas significatif statistiquement). En ce qui concerne les résultats belges, on a constaté un seul cas de différence systématique entre deux observateurs (il s'agissait de mesures concernant le côté supérieur et le côté serrure de l'huissierie, où les différences systématiques étaient en moyenne de 0,50 et de 0,45 mm respectivement).

La correction pour erreurs systématiques n'a donc pas été appliquée.

b. *Correction pour erreurs d'observation accidentelles (imprécision de mesure)*

Cette question a déjà été traitée au début du présent chapitre. La valeur de l'imprécision de mesure est déterminée à l'aide de mesures répétées effectuées par le même observateur («Mesures répétées individuellement»).

Les résultats figurent sur les tableaux 9.2, 9.3, 9.4, 9.5 et 9.6, pour diverses dimensions.

La correction pour imprécision de mesure concerne la *dispersion* des résultats d'observation et non la *moyenne*. En appliquant la correction, la dispersion des résultats d'observation deviendra inférieure à la dispersion observée; en d'autres termes, l'imprécision d'observation provoque une surestimation de la dispersion réelle.

Cette correction s'impose si:

1. la dispersion observée est considérablement réduite par la correction (par exemple 10 % ou plus de la valeur);
2. la dispersion observée dépasse le domaine de tolérance admis.

La figure 9.1 illustre l'influence relative de la correction pour imprécision de mesure, comme fonction du champ de dispersion normal observé et de la grandeur de l'imprécision de mesure.

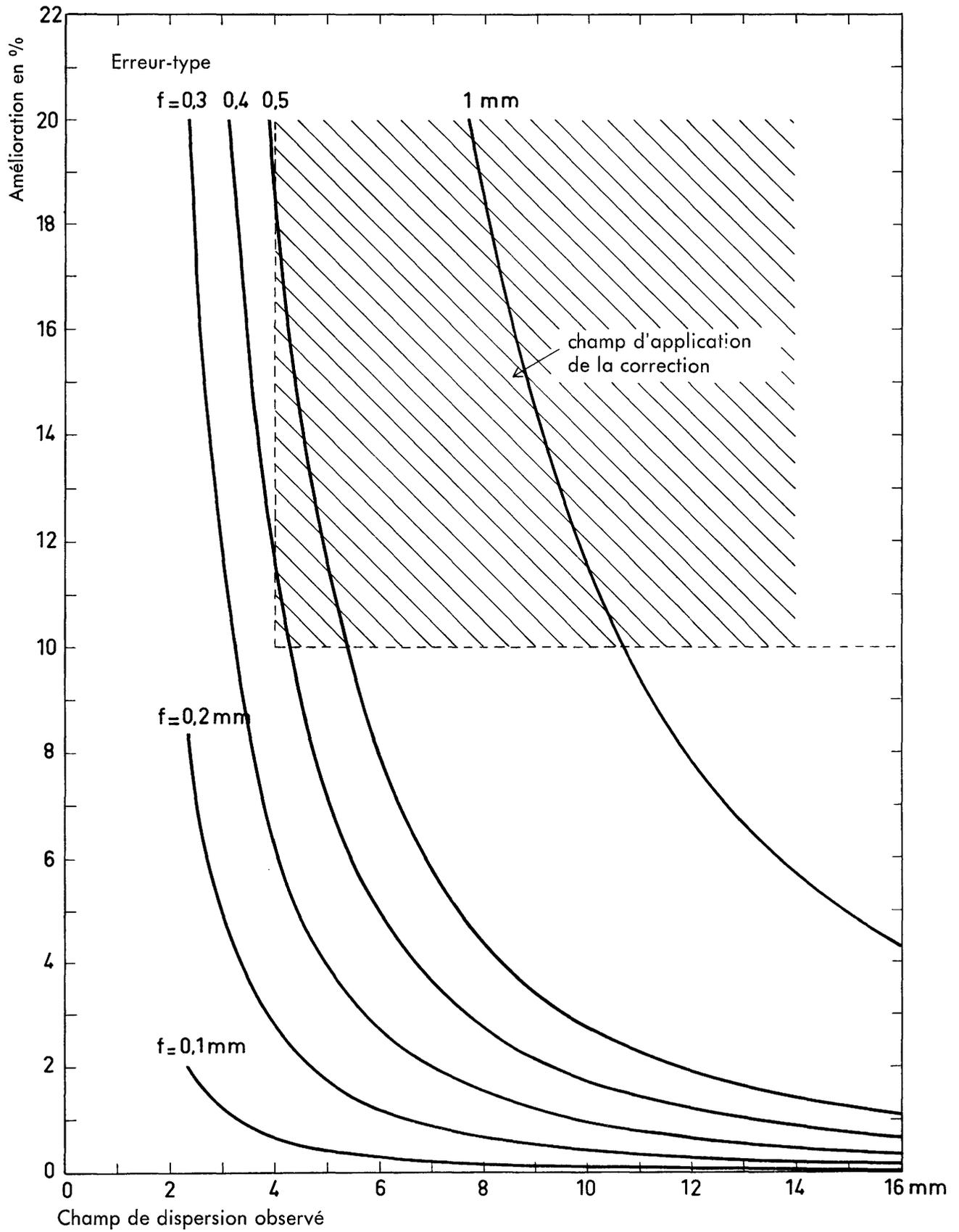
L'imprécision de mesure est exprimée ici par l'écart-type qui, pour les diverses mesures contrôlées, varie entre 0,1 et 1 mm. L'amélioration relative du champ de dispersion observé due à la correction pour imprécision de mesure est naturellement d'autant plus grande que l'imprécision de mesure est plus forte et que le champ de dispersion observé est plus petit.

Sur la figure 9.1, on trouve indiqué de même le domaine où la correction pour imprécision de mesure effectuée suivant les deux critères mentionnés ci-dessus s'impose pour le présent problème. Il apparaît alors – étant donné le champ de tolérance technique de 4 mm – que la correction ne doit être effectuée que dans les seuls cas où l'imprécision de mesure est de l'ordre de 0,5 mm ou plus. C'est pourquoi, les corrections pour élimination des erreurs de mesure accidentelles n'ont été appliquées que sur les résultats des mesures du chantier de Beyne-Heusay.

Des considérations analogues à celles qui ont été formulées ci-dessus quant à l'imprécision des *mesures* peuvent également être faites en ce qui concerne l'imprécision des *appréciations*. En effet, si le même jeu est soumis à l'appréciation d'experts différents, ou deux fois à l'appréciation d'un même expert, le chiffre d'appréciation, dans certains cas, ne sera pas le même pour les deux. Pour le surplus, le problème peut être traité comme dans le cas des *mesures* répétées.

figure 9.1

Amélioration du champ de dispersion par application de la correction pour imprécision de mesure



Les tableaux 9.7, 9.8 et 9.9 donnent des résultats concernant la précision de l'appréciation des jeux sur les chantiers où des appréciations répétées ont été faites. Il est frappant de constater que la reproductibilité des appréciations est meilleure (et de loin) sur le chantier italien que sur ceux des chantiers allemands et néerlandais où des appréciations répétées ont été faites. Dans la mesure où ces appréciations ont bien été faites indépendamment, les résultats portent à croire que les experts italiens avaient un meilleur entraînement.

D'éventuelles corrections en rapport avec l'imprécision des appréciations ont pour effet d'accentuer la relation entre la valeur du jeu et la note d'appréciation (coefficient de corrélation plus élevé et plus grande valeur absolue du coefficient de régression).

Nous n'avons pas appliqué la correction correspondante, les corrélations et les régressions pour la relation entre les jeux et les notes d'appréciation n'ayant pas été calculées.

Tableau 9.7

*Appréciations visuelles des jeux entre panneau et huisserie. Moers – Allemagne
(Quatre observateurs, une appréciation chacun)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté inférieur	Côté gonds	Côté serrure	Tous les côtés
Nombre d'appréciations répétées 4 fois	n	40	40	40	40	160
Écart moyen arithmétique des appréciations répétées 4 fois	\bar{w}	0,825	1,150	1,025	0,950	1,012
Écart-type	f	0,463	0,559	0,449	0,462	0,492
Variance	f ²	0,214	0,312	0,249	0,212	0,242

Tableau 9.8

*Appréciations visuelles des jeux entre panneau et huisserie. Milan – Italie
(Quatre observateurs, une appréciation chacun)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté inférieur	Côté gonds	Côté serrure	Tous les côtés
Nombre d'appréciations répétées 4 fois	n	40	40	40	40	160
Écart moyen arithmétique des appréciations répétées 4 fois	\bar{w}	0,325	0,100	0,600	0,350	0,344
Écart-type	f	0,158	0,049	0,292	0,170	0,167
Variance	f ²	0,025	0,002	0,085	0,029	0,028

Tableau 9.9

*Appréciations visuelles des jeux entre panneau et huisserie. Heemskerk – Pays-Bas
(Trois observateurs, une appréciation chacun)*

	Symbole	Côté supérieur	Côté inférieur	Côté gonds	Côté serrure	Tous les côtés
Nombre des appréciations répétées 2 fois	n	42	42	42	42	168
Écart moyen arithmétique des appréciations répétées 2 fois	w	0,690	0,857	0,310	1,143	0,750
Écart-type	f	0,408	0,507	0,183	0,676	0,443
Variance	f ²	0,166	0,257	0,033	0,457	0,196

10. Résumé

- a. La procédure prescrite pour la commande des huisseries et des panneaux de porte ainsi que pour le montage, les mesures et les appréciations n'a pas été observé intégralement. Les pouvoirs des instituts nationaux étaient en général trop restreints pour contraindre les entrepreneurs à adopter une technique nouvelle qu'ils connaissaient mal.
- b. Des conclusions valables exigent des mesures et des appréciations précises. En ce qui concerne les mesures, les mesures répétées n'ont été effectuées qu'aux Pays-Bas et en Belgique.
- c. Les panneaux livrés sur les chantiers ont présenté d'énormes différences en ce qui concerne la précision de leurs dimensions; de grands écarts moyens par rapport aux spécifications (erreurs systématiques) ainsi que de très grands champs de dispersion ont été constatés. Mais il existe aussi des fournisseurs qui respectent très bien les tolérances prescrites.

L'analyse des angles des panneaux de porte donne les mêmes résultats.

- d. Les huisseries présentent une assez grande précision à la livraison, mais on note de grands écarts après la pose, spécialement en ce qui concerne les dimensions verticales et l'équerrage.
- e. La fabrication de panneaux de porte conformes aux dimensions et aux tolérances prescrites ne semble pas présenter de difficultés techniques.

Les huisseries posées présentent, en général, une plus grande imprécision que celle qui est admise par les prescriptions du programme, imprécision causée par les travaux sur le chantier.

- f. Les résultats communiqués dans les études antérieures en ce qui concerne la grandeur et l'asymétrie des jeux, sont confirmés dans l'ensemble par la présente étude.
- g. Les résultats obtenus sur le chantier de Milan confirment que le montage sans retouche est possible si les panneaux et les huisseries fabriqués et posés ne dépassent pas les limites de tolérance prescrites.

La qualité des ajustements est meilleure dans le cas où les éléments n'ont pas été retouchés que dans le cas où des retouches ont été apportées à ces éléments.



Photo 1, mesure de la largeur de l'huisserie



Photo 2, mesure de la hauteur de l'huisserie

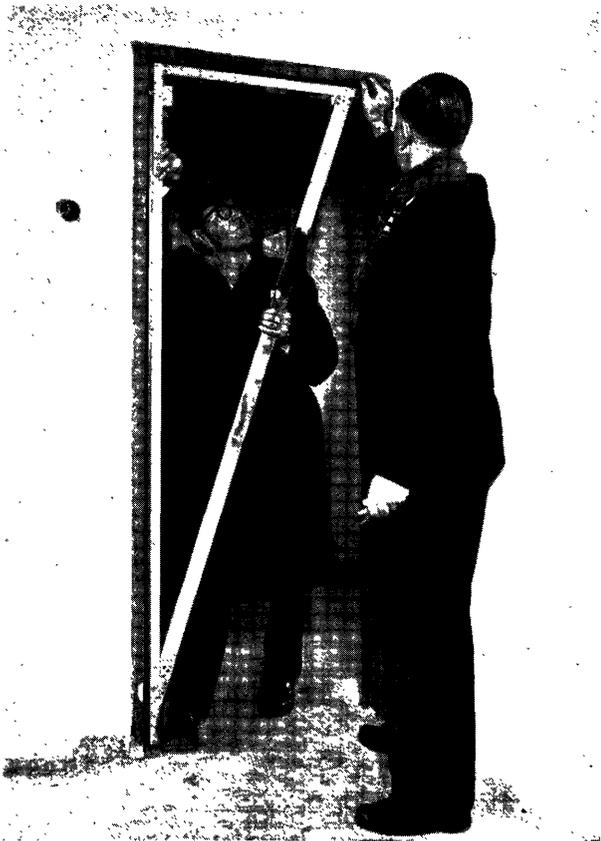


Photo 3, mesure de l'équerrage de l'huisserie



Photo 4, mesure de l'équerrage du panneau de porte



Annexe 1

« Instructions concernant les dimensions et les tolérances de fabrication et de montage de certains éléments de construction utilisés sur les chantiers du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. ».

(Extrait)

figure 1

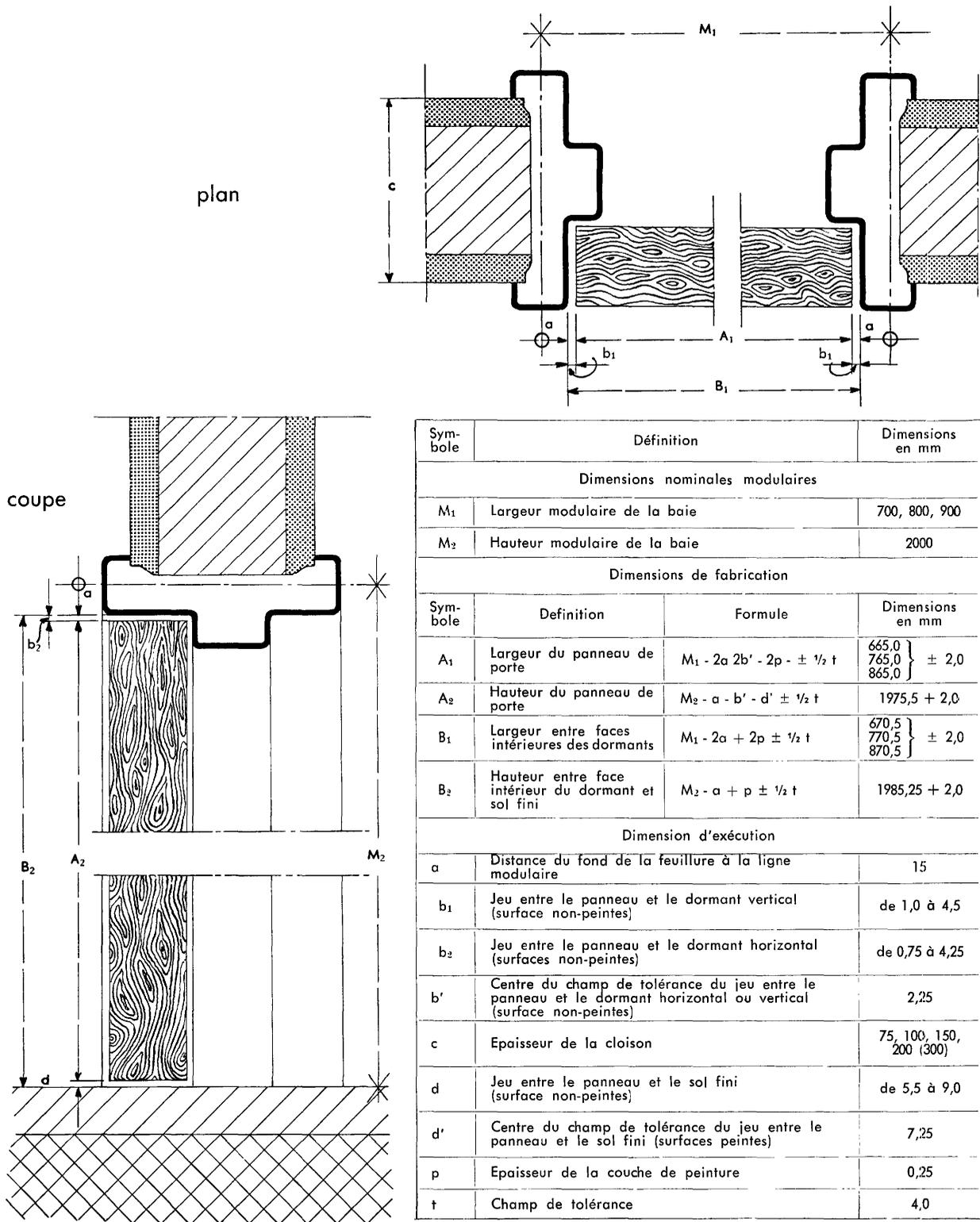
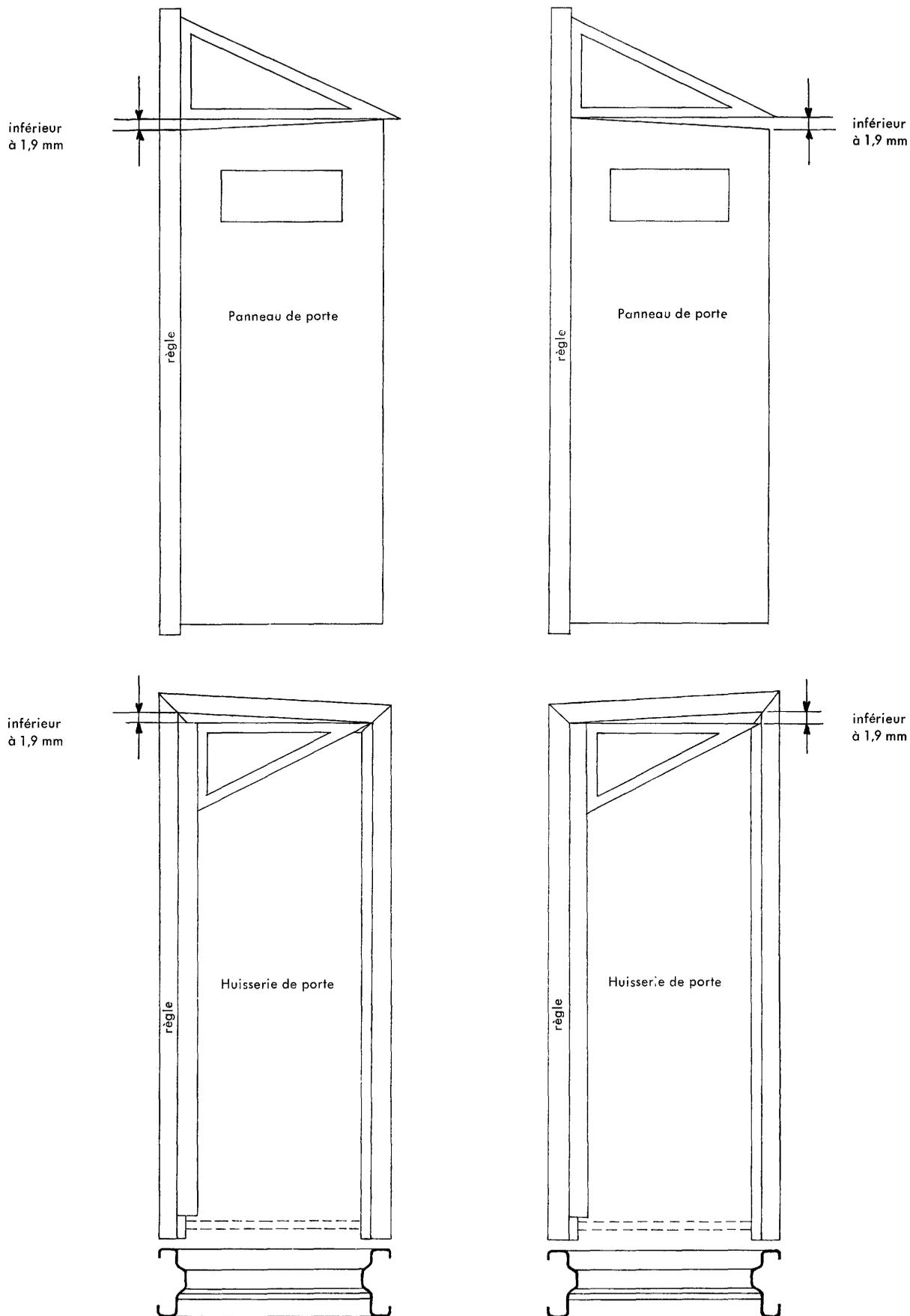


figure 2



Annexe 2

« Instructions concernant l'application d'une méthode d'examen de la qualité des dimensions et ajustements sur les chantiers du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. »

(Extrait)

Plan des mesures de contrôle

- a. Sur chacun des chantiers on marquera et mesurera 40 panneaux de portes intérieures, lors de leur livraison sur chantier.
- b. Sur chacun des chantiers on marquera et mesurera 40 huisseries de portes intérieures, lors de leur livraison sur chantier.
- c. Après la pose des huisseries, celles-ci seront mesurées une seconde fois.
- d. Les 40 panneaux de portes marqués seront montés dans les 40 huisseries de portes marquées. On a la faculté de monter n'importe quel panneau de porte dans n'importe quelle huisserie de porte, pourvu qu'ils soient marqués.
- e. Après le montage des panneaux de portes dans les huisseries de portes les jeux entre les panneaux et les huisseries seront mesurées.
- f. La qualité de l'ajustement du panneau dans l'huisserie sera appréciée indépendamment des mesures effectuées.

Pour des raisons d'ordre statistique la précision de mesure doit être connue. A cet effet il est nécessaire de répéter les diverses mesures et appréciations mentionnées en a, b, c, e et f pour 4 objets (choisis au hasard) sur chaque série de 40 objets mesurés et appréciés.

Les résultats, accompagnés de la mention « mesures répétées », doivent être inscrits sur les formulaires normaux destinés aux diverses mesures et appréciations.

Il importe à ce sujet que la première mesure ou appréciation et la mesure ou appréciation répétée ne se succèdent pas directement.

....

Mesure à la livraison sur chantier

On mesure les dimensions extérieures et les angles d'un côté des portes.

Les longueurs doivent être indiquées en mm à $\frac{1}{2}$ mm près. On ne rencontre donc que des valeurs de la forme suivante: $664\frac{1}{2}$ mm, 664 mm, $663\frac{1}{2}$ mm.

....

Pour pouvoir vérifier le manque d'équerrage des panneaux de porte on effectue une mesure indirecte d'angle de 4 angles, à l'aide de l'instrument de mesure représenté à l'épure 1.

A cet effet le côté long de l'instrument de mesure est appliqué contre le côté long du panneau. L'instrument est ensuite déplacé dans le sens longitudinal jusqu'à ce qu'au moins un point du côté court touche le côté court du panneau.

Si l'angle à mesurer est obtus, il faut mesurer le jeu près du signe + sur l'instrument. Si l'angle est aigu, le jeu doit être mesuré près du signe -. Les jeux mesurés doivent être indiqués en mm à 1/2 mm près, et munis du signe + ou -, donc par exemple - 2 1/2, - 1/2, 0, + 1/2, + 1. Cette finesse de mesure peut être obtenue à l'aide d'appareils dits calibres de jeu.

Immédiatement après la livraison des huisseries on procèdera à la mesure de 3 dimensions intérieures et de deux angles.

Les mesures suivantes seront effectuées:

- la longueur du côté gonds,
- la longueur du côté serrure.

Ces longueurs sont la distance entre la surface intérieure du côté supérieur jusqu'au bas du côté gonds ou du côté serrure respectivement.

- la largeur du côté supérieur.

Cette largeur est la distance entre la surface intérieure du côté gonds et la surface intérieure du côté serrure.

Ces longueurs seront notées en mm, arrondies au 1/2 mm.

....

Les angles supérieurs sont mesurés à l'aide de l'appareil pour le mesurage des angles représentés au dessin 1.

Mesures après la pose

Après la pose de l'huisserie on procèdera à la mesure de la largeur sur le côté inférieur ainsi qu'à une seconde mesure des angles supérieurs.

Après la finition du sol, les longueurs du côté gonds et du côté serrure seront mesurées à nouveau, mais cette fois entre la surface intérieure du côté supérieur et le sol fini. On mesurera également les angles inférieurs.

Toutes les mesures seront indiquées en mm à 1/2 mm près

Mesure du jeu entre le panneau et l'huisserie

Après le montage des 40 portes, le jeu sera mesuré à deux endroits sur chaque côté de la porte, à savoir à 15 cm des angles pour les côtés inférieur et supérieur et à 50 cm des angles pour le côté gonds et le côté serrure.

Le jeu peut être mesuré à l'aide de calibres de jeu et sera indiqué en mm à 1/2 mm près

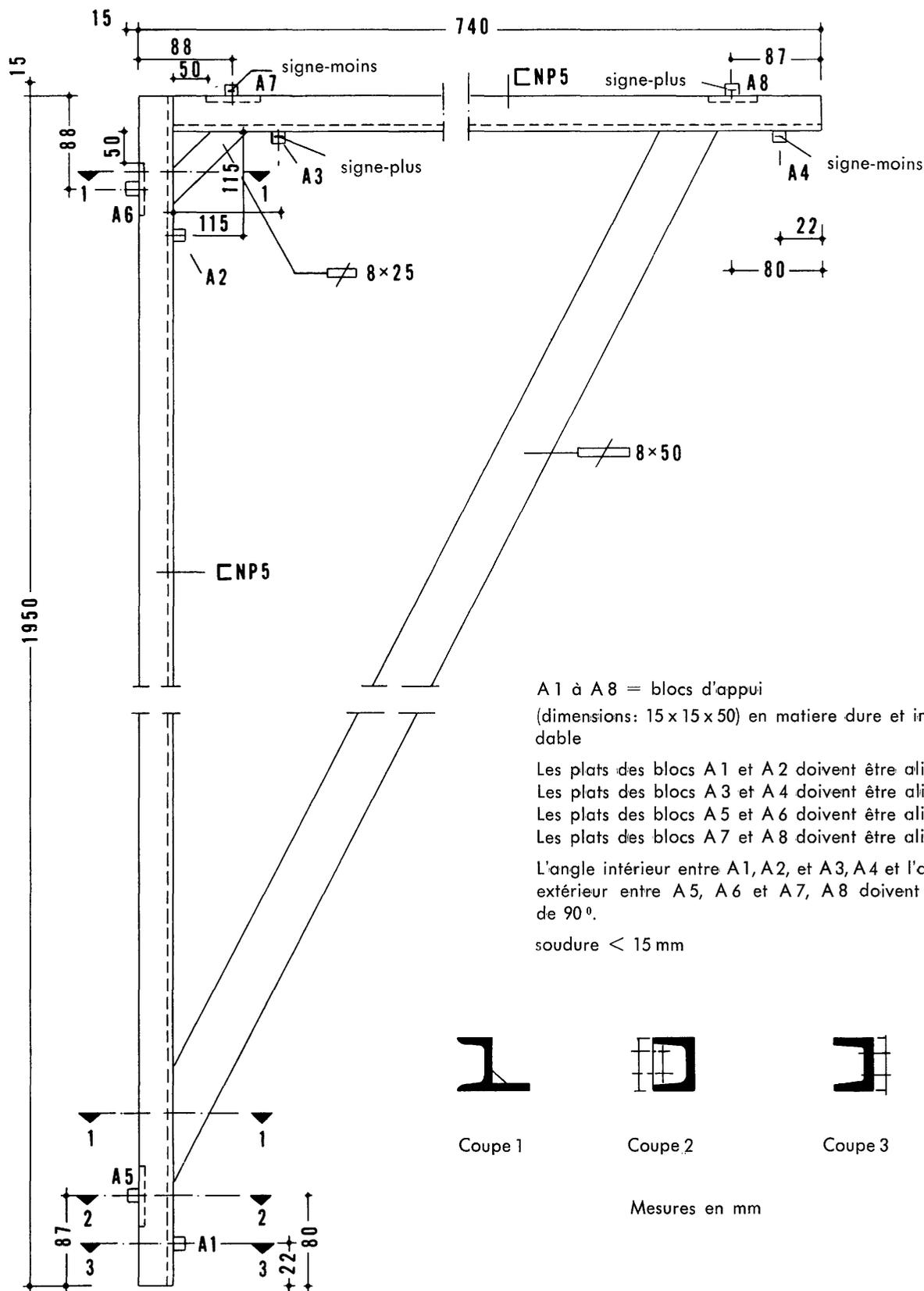
Jugement de la qualité de l'ajustement du panneau et de l'huisserie

Indépendamment des mesures on procèdera à un jugement visuel de la qualité de l'ajustement de la porte pour tous les côtés. L'appréciation sera notée comme suit:

1 = mauvais 3 = suffisant
2 = insuffisant 4 = bon.

Cette appréciation devra de préférence être effectuée par 4 experts, ceux-ci ne se consultant pas mutuellement.

Instrument de mesure de l'angle (portes et huisseries)
(équerre en métal)





Annexe 3

« Détermination objective des tolérances des portes et des huisseries »

Table des matières

1. Introduction	7. Équerrage du panneau et de l' huisserie de la porte
2. Méthode de travail	
3. Mesurage des jeux entre le panneau et l' huisserie de la porte	Complément 1: Établissement de la formule pour les tolérances sur la longueur et la largeur du panneau de porte et de l' huisserie
4. Jugement des jeux entre le panneau et l' huisserie	
5. Variation admissible de jeu entre le panneau et l' huisserie	Complément 2: Établissement de la formule pour la tolérance sur le manque d'équerrage du panneau de porte et de l' huisserie.
6. Tolérances pour l' huisserie et le panneau	

1. Introduction

En indiquant les dimensions d'éléments de construction, il est usuel d'indiquer des «tolérances» de projet. Ces tolérances définissent les limites entre lesquelles les dimensions peuvent varier pour permettre d'obtenir un produit fini de qualité suffisante.

S'il n'y avait pas de tolérances ou – pour nous exprimer plus correctement – si les tolérances étaient égales à zéro, toute fabrication serait impossible, parce qu'il n'est jamais possible de réaliser qu'un produit soit rigoureusement conforme au projet.

En général, on peut dire que plus les tolérances de projet sont grandes, plus il est facile de réaliser des produits qui satisfassent aux exigences du projet. Du point de vue des coûts de fabrication, il est donc désirable de fixer les tolérances aussi grandes que possible.

Cependant on ne peut majorer sans limite les tolérances, parce qu'on se heurterait alors aux exigences qualitatives du produit fini.

Dans le cas par exemple où l'on choisirait pour des panneaux de porte et des huisseries des tolérances trop grandes, cela entraînerait comme conséquence que beaucoup de portes ne pourraient pas être posées correctement dans les huisseries correspondantes. La grandeur des tolérances d'éléments de construction dépend en général des exigences que l'on impose à l'ajustement. Autrement dit: *les tolérances de l'ajustement déterminent les tolérances des éléments constitutifs de cet ajustement.*

Dans l'industrie du bâtiment on n'a pas en général prêté assez d'attention au problème des tolérances.

Une des causes en est peut-être que la fabrication dans l'industrie du bâtiment ne se fait pas dans la plupart des cas selon le principe industriel de l'interchangeabilité des éléments. Dans l'industrie mécanique par exemple, il est d'usage qu'on fabrique des éléments qui doivent s'ajuster d'une façon si précise que presque tous les exemplaires de l'élément A s'ajustent à presque tous les exemplaires de l'élément B. Par contre, en ce qui concerne les portes et les huisseries – pour ne citer qu'un exemple de l'industrie du bâtiment – on part le plus souvent du point de vue inverse, c'est-à-dire que la porte ne s'ajuste pas automatiquement à l'huisserie et que le menuisier doit assurer sur place un bon ajustement à l'aide du rabot ou d'autres moyens. Une telle méthode de travail est en général très coûteuse.

Aussi pourrait-on réaliser une économie considérable si les éléments de construction pouvaient être fabriqués et montés avec une précision telle qu'un ajustement normal sur chantier soit assuré sans refaçonnage.

C'est pourquoi un des points principaux visés par l'expérience entreprise sur les chantiers du deuxième programme expérimental de la C.E.C.A. était de rechercher la possibilité d'une telle méthode de travail.

La première question à laquelle on doit répondre est celle-ci: Quelle est la grandeur des tolérances des ajustements et quelles sont les tolérances qui en résultent pour les éléments constitutifs? Le présent rapport décrit la méthode qui a été appliquée pour déterminer d'une façon plus ou moins objective les tolérances des ajustements et la méthode qui permet d'en déduire les tolérances pour les éléments constitutifs. L'étude s'est limitée à un seul cas, l'ajustement du panneau de la porte dans l'huisserie.

Comme il ne s'agissait que de l'examen de la méthode, on s'en est tenu à un champ d'observation aussi limité que possible. Les prescriptions sur les tolérances résultant de cet essai (voir annexe 1, page 201) n'avaient donc qu'un caractère provisoire: elles concernaient les logements expérimentaux du deuxième programme et devaient servir de base pour le contrôle de l'exactitude des dimensions expérimenté sur quelques chantiers de ce programme.

Les mesurages exécutés lors de ces expérimentations ont fourni la base d'une rédaction plus définitive des prescriptions de tolérances relatives aux portes.

2. Méthode de travail

L'idée fondamentale appliquée au sujet de la détermination de la tolérance est que la qualité exigée d'un ajustement en général, et d'un ajustement de porte en particulier, peut se résumer en deux questions:

- Quels sont les inconvénients que l'on rencontre en pratique par suite des écarts dimensionnels (par ex. ne pas avoir assez de jeu, s'ouvrir, laisser passer des courants d'air)? (exigences fonctionnelles)
- Quelles sont les exigences que l'œil impose au produit fini? (exigences esthétiques)

Il doit être possible, en principe, de faire juger par des experts dans quelle mesure une porte déterminée satisfait aux exigences fonctionnelles et esthétiques.

A côté de ce jugement par experts, il est possible de mesurer avec exactitude les jeux des portes en différents points. En comparant les résultats des mesures avec le jugement correspondant des experts, on peut déterminer pour quels jeux le jugement est favorable et pour quels jeux il est défavorable. Dans le cas où le jeu se rapprocherait considérablement du jeu idéal, tous les experts donneraient un jugement favorable. Dans le cas où un jeu serait beaucoup trop grand ou beaucoup trop petit, tous les experts désapprouveraient l'ajustement. Dans les cas douteux, quelques experts auront un jugement favorable, tandis que les autres auront un jugement défavorable.

On peut alors prendre comme limites de tolérance les cas où les jugements favorables et défavorables en ce qui concerne les jeux s'équilibrent.

Une description plus détaillée de la méthode de travail présentée ci-après montrera quelques difficultés pratiques.

Quand on a déterminé les tolérances de l'ajustement, ces tolérances doivent être converties en tolérances pour les dimensions des panneaux et des huisseries et en une tolérance pour le menuisier quand celui-ci pose la porte.

Cette division d'une tolérance en trois parties est arbitraire. La division suivie effectivement est basée sur des renseignements concernant les degrés relatifs de l'exactitude qu'on peut atteindre lors de la fabrication des éléments. Ceux-ci se trouvent être du même ordre de grandeur pour les huisseries en acier et pour les panneaux en bois, de sorte que la même tolérance leur a été assignée.

Pour la conversion des tolérances d'ajustement en tolérances des éléments, on a fait usage des relations statistiques qui existent entre elles.

3. Mesurage des jeux entre le panneau et l' huisserie d'une porte

Dans le bâtiment du Bouwcentrum à Rotterdam, on a procédé à la mesure et au jugement de l'ajustement de 72 portes intérieures posées, peintes et pourvues de seuils.

Les dimensions de commande de ces portes étaient: largeur 83 cm, hauteur 201,5 cm.

Les quatre côtés du panneau de la porte et les surfaces intérieures correspondantes de l' huisserie sont dénommés:

- a. bas
- b. haut
- c. côté gonds
- d. côté serrure.

Le mesurage consistait en la détermination du jeu entre le panneau de la porte et l' huisserie de la porte sur les quatre côtés.

Sur le bas on mesurait le jeu à des distances de 20 cm du côté charnière et du côté poignée, à l'aide d'un «calibre de jeu». Le même mesurage fut exécuté sur le haut.

Sur le côté gonds et sur le côté serrure, on prenait les mesures à des distances de 50 cm du haut et du bas.

Les calibres de jeu sont des lames métalliques fabriquées spécialement à cette fin; l'épaisseur de la plus mince de ces lames est de 25 mm et les épaisseurs des lames suivantes croissent de 5 mm en 5 mm. Par exemple dans un cas où le quatrième calibre de jeu (de 1,75 mm) pourrait être inséré entre le panneau et l'huissierie et où le cinquième ne se laisserait pas insérer, on noterait pour ce jeu une largeur de 4 demi-millimètres.

4. Jugement des jeux entre le panneau et l'huissierie

Pour savoir quel jeu est admissible il ne suffit pas de se contenter des seules mesures, mais il faut y ajouter le jugement d'experts (indépendamment des résultats de ces mesures).

Deux experts ont donné, indépendamment l'un de l'autre, un jugement sur les jeux entre panneau et huissierie pour chacun des quatre côtés des 72 portes précitées.

Le jugement se faisait par l'application des notes suivantes:

1 = mauvais	3 = suffisant
2 = insuffisant	4 = bon.

Chaque fois que s'est présentée une grande différence entre les jugements des deux experts, un troisième expert a donné un jugement d'arbitrage. Dans tous les autres cas on prit la moyenne des notes d'appréciation.

Dans les figures 1, 2, 3 et 4 sont donnés les résultats des mesures et les jugements, respectivement pour le bas, le haut, le côté gonds et le côté serrure.

Les figures ont été réalisées comme suit:

Chaque carré a trait à une combinaison de deux résultats de mesure. Le chiffre dans le coin supérieur gauche se rapporte au nombre des portes ayant été soumises aux mesures qui ont donné cette combinaison.

Le chiffre dans le coin inférieur droit est la note d'appréciation moyenne.

Ainsi la figure 1 montre qu'il y a quatre portes dont les jeux sur le bas sont de 3 mm (côté gonds) et de 1,5 mm (côté serrure) et que ces quatre jeux ont obtenu la note d'appréciation moyenne 3,25.

5. Variation admissible du jeu entre le panneau et l'huissierie

Les nombres d'observations indiqués dans le coin supérieur gauche des carrés des figures 1, 2, 3 et 4 ont été combinés dans la figure 5. Comme dans cette combinaison les mesures portées en abscisse et en ordonnée ne forment pas des groupes homogènes, la figure 5 a été rabattue autour de la diagonale. Cela signifie par exemple que deux jeux, l'un de 3 et de 1,5 mm et l'autre de 1,5 et 3 mm ont été cumulés.

Dans la figure 6 une combinaison semblable a été réalisée pour des notes d'appréciation moyennes (dans les coins inférieurs droits des carrés). On a réalisé cette combinaison en calculant la moyenne pondérée des notes d'appréciation.

Fréquences et notes d'appréciation moyennes du jeu des portes en bas

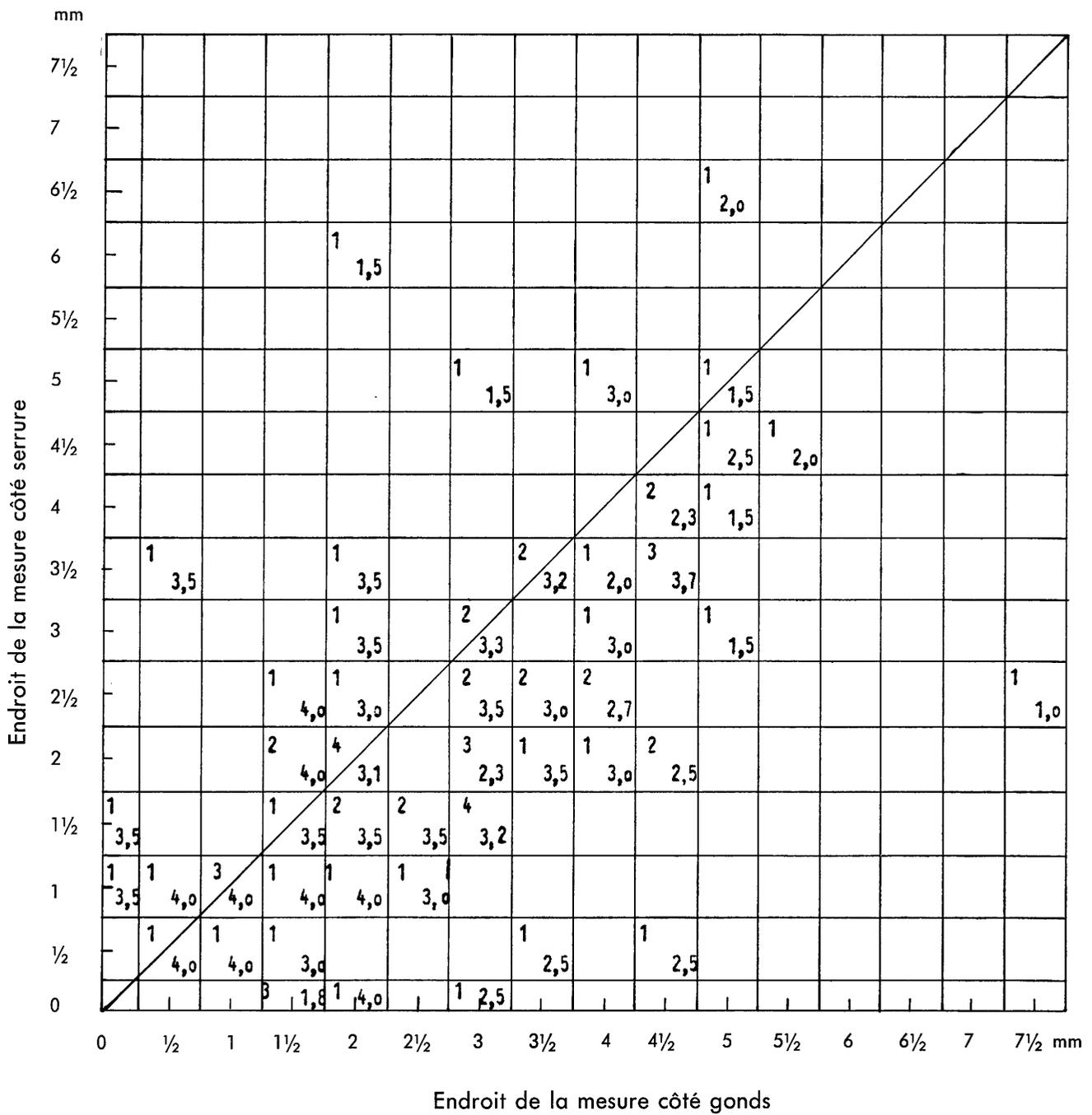
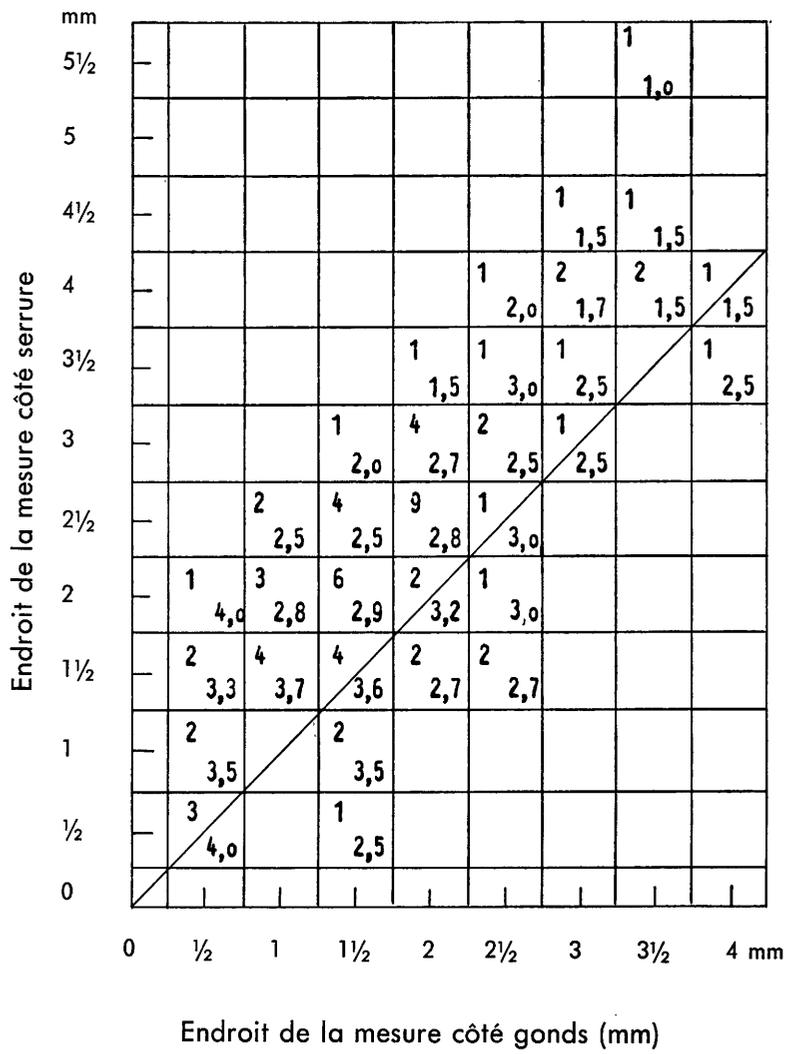


figure 2

Fréquences et notes d'appréciation moyennes du jeu des portes en haut



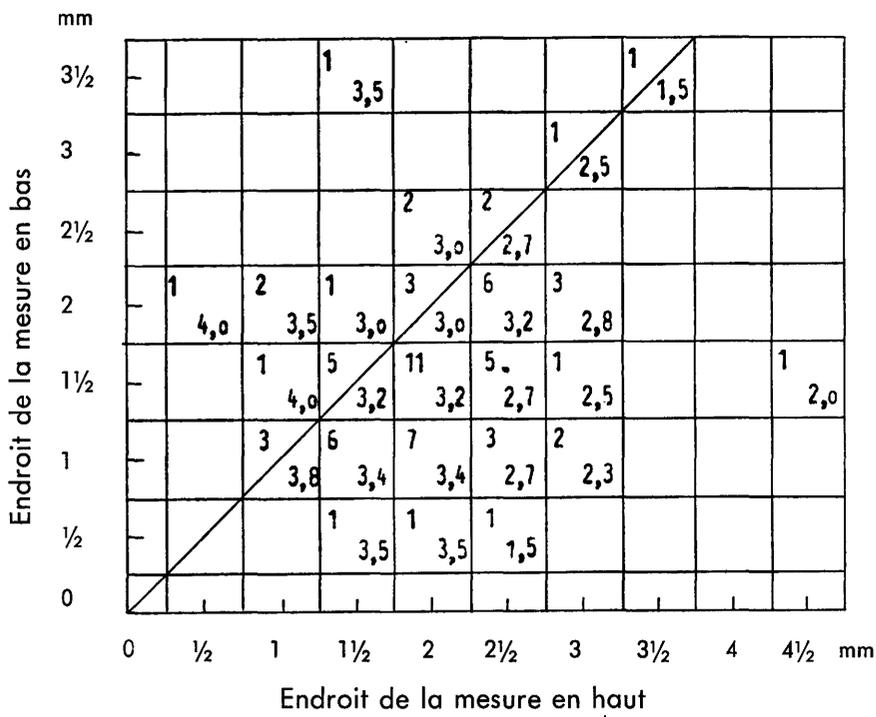


figure 3

Fréquences et notes d'appréciation moyennes du jeu des portes côté gonds

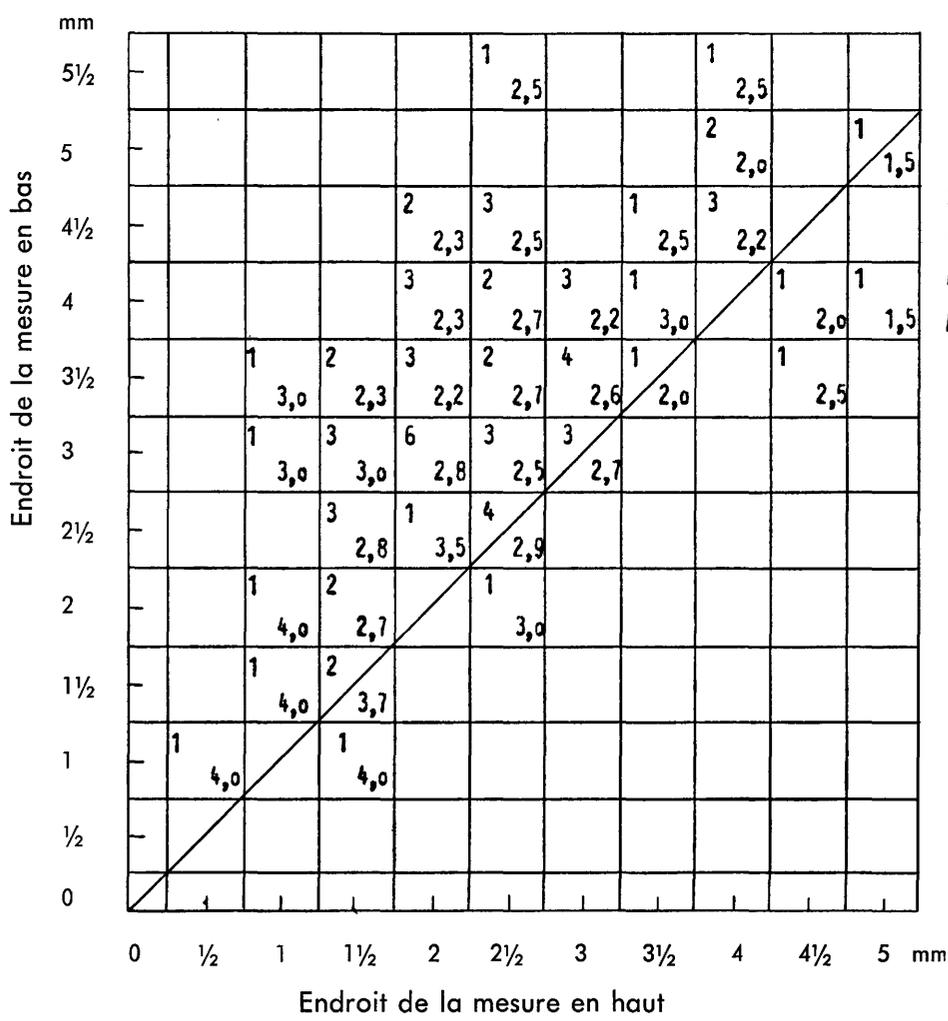
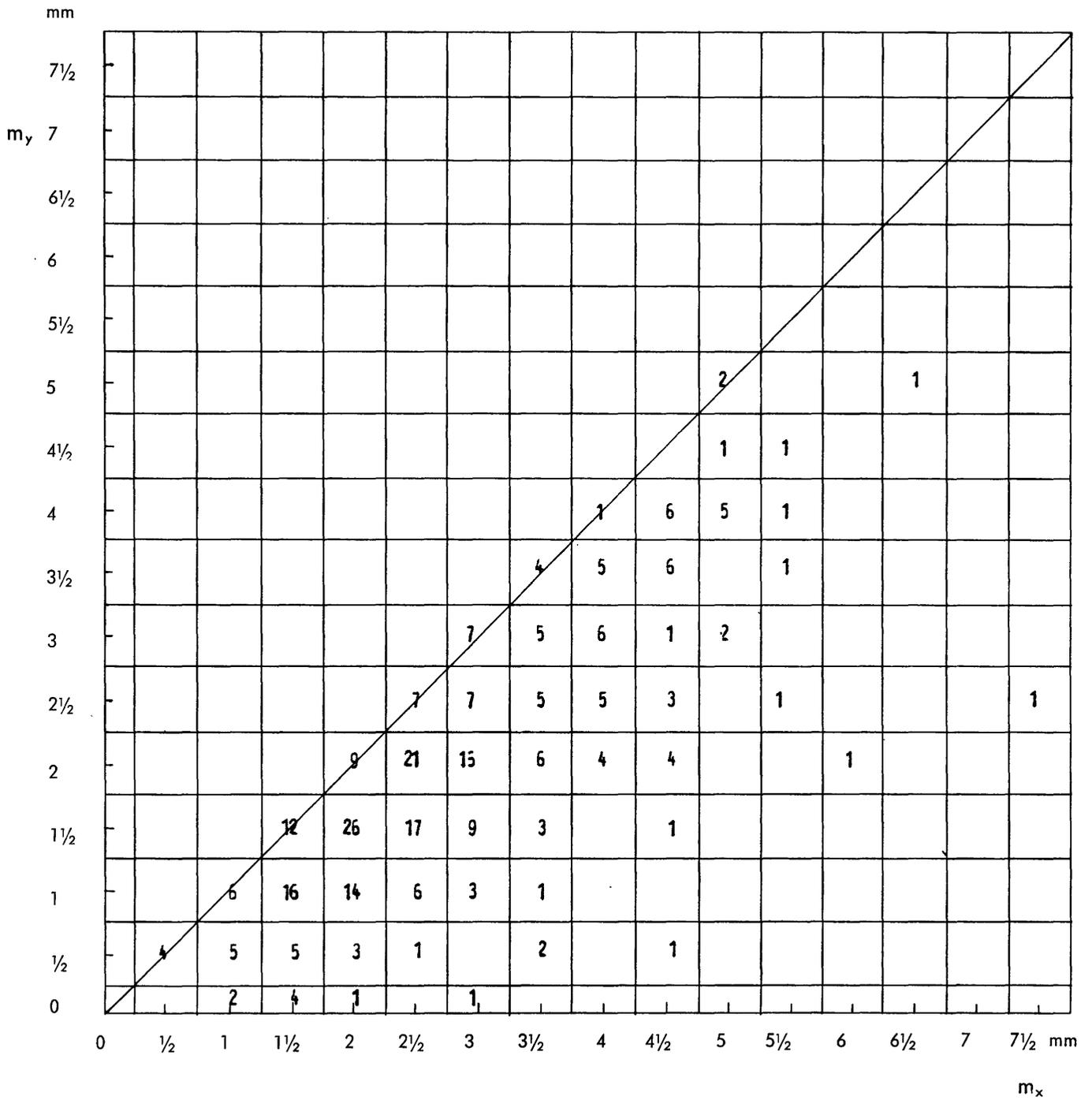


figure 4

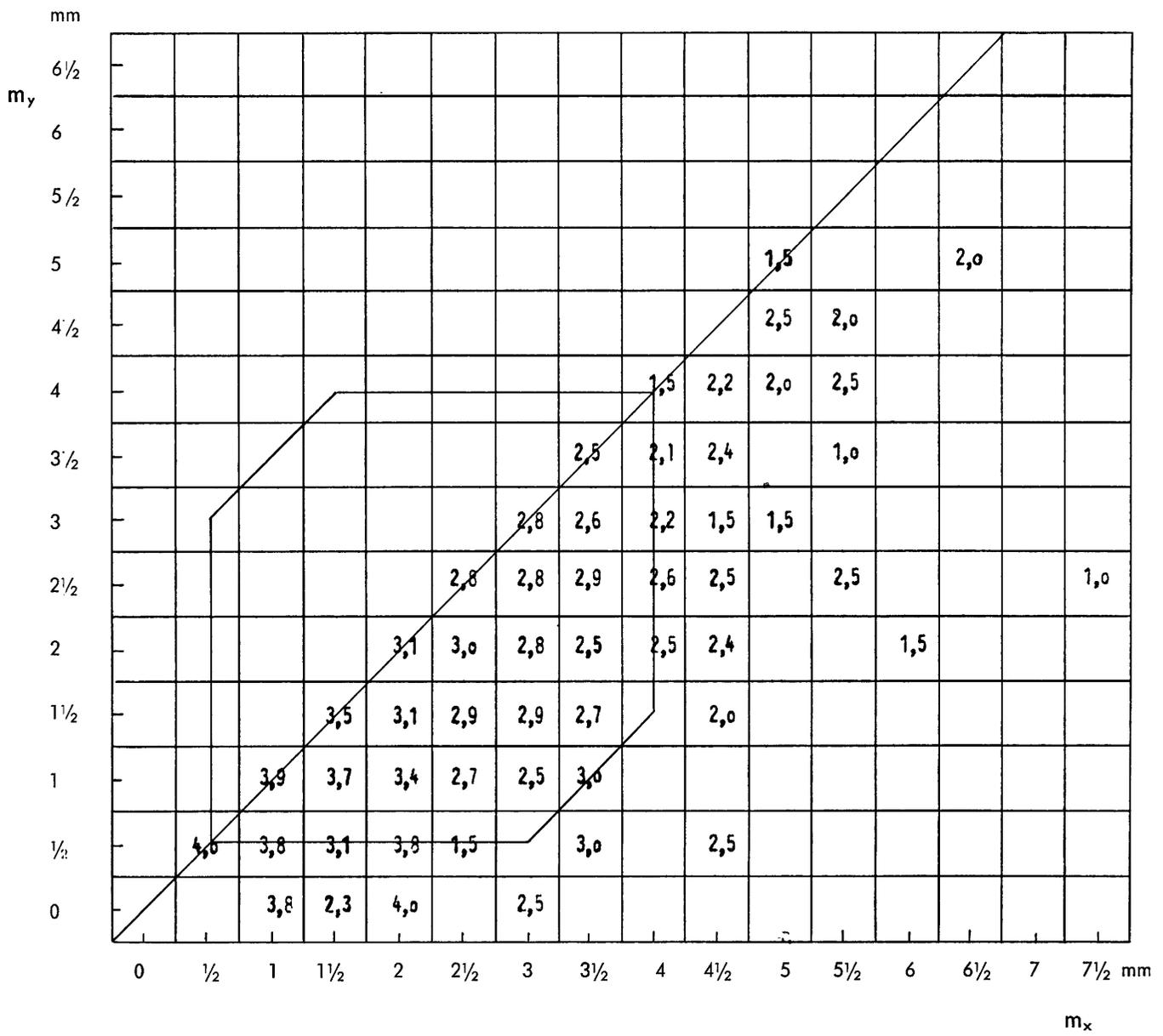
Fréquences et notes d'appréciation moyennes du jeu des portes côté serrure

figure 5

Fréquence des jeux, repartis selon les résultats des mesures



Notes d'appréciation moyennes des jeux entre les panneaux de porte et les huisseries



Nous donnons à titre d'exemple, figures 5 et 6, les combinaisons des figures 1, 2, 3 et 4.

Dans la figure 1 on trouve quatre observations à 3 mm sur l'abscisse et 1,5 mm sur l'ordonnée. Par contre le nombre d'observations à 1,5 mm sur l'abscisse et à 3 mm sur l'ordonnée est zéro.

Dans les carrés correspondants de la figure 2 on trouve 0 et 1 observation, dans la figure 3 respectivement 1 et 0, et dans la figure 4 respectivement 0 et 3. Cela fait au total $4 + 0 + 0 + 1 + 1 + 0 + 0 + 3 = 9$ observations.

Ce nombre 9 se trouve sur la figure 5 sur 3 mm en abscisse et sur 1,5 mm en ordonnée. Les notes d'appréciation paraissant dans les carrés combinés sont converties en une note d'appréciation moyenne selon le calcul suivant:

$$\begin{array}{r} 4 \times 3,25 = 13 \\ 1 \times 2,0 = 2 \\ 1 \times 2,5 = 2,5 \\ 3 \times 3,0 = 9 \\ \hline 26,5 \end{array}$$

Moyenne pondérée $26,5 : 9 = 2,9$

On trouve ce chiffre sur la figure 6 sur 3 mm en abscisse et sur 1,5 en ordonnée.

Les limites de tolérance sont déterminées à l'aide des figures 5 et 6.

On pourrait objecter que chaque côté de la porte a son propre jeu, de sorte qu'il faudrait déterminer la tolérance pour chaque côté. Dans cet examen on y a renoncé intentionnellement:

- 1° parce que les notes d'appréciation pour chacun des côtés provenant de ce nombre restreint d'observations n'ont pas fait apparaître d'écarts systématiques sensibles;
- 2° parce que la négligence des écarts éventuels entre les côtés ne constitue qu'une erreur de deuxième ordre dans les tolérances pour les dimensions des panneaux et des huisseries.

Pour diverses raisons il a paru justifié de se contenter d'une tolérance uniforme pour tous les jeux.

Les limites de tolérance pour les jeux sont indiquées sur la figure 6 par un hexagone. Les considérations suivantes ont déterminé cette figure.

1. Un jeu de porte a une valeur admise minimale et maximale, qui est indiquée sur la figure par deux lignes horizontales et deux lignes verticales.
2. Un jeu ne doit pas être trop oblique, ce qui veut dire que l'écart entre deux mesures en différents points ne doit pas être trop grand.

Ceci peut être indiqué sur la figure par deux lignes situées de part et d'autre de la diagonale principale de la figure parallèlement à celle-ci.

3. En principe le jeu doit être égal partout.

Ceci veut dire sur la figure que le polygone composé des six lignes mentionnées ci-dessus est symétrique par rapport à la diagonale principale.

4. Les limites de tolérance doivent être choisies de façon telle qu'à l'intérieur des limites de tolérance les valeurs soient autant que possible supérieures à 2,5 mm et en dehors des limites de tolérance autant que possible inférieures à 2,5 mm.
5. Un jeu inférieur à 0,5 mm n'est pas admis à cause de la possibilité de dilatation ou de contraction ultérieure éventuelle.

On a ainsi trouvé:

$$0,5 \leq m \leq 4,0 \text{ mm}$$
$$- 2,5 \leq m_x - m_y \leq 2,5 \text{ mm}$$

avec:

m = un jeu quelconque

m_x et m_y = des jeux mesurés en deux points différents d'une même «fente».

Le résultat des mesures a trait aux portes et aux huisseries peintes. Il faut remarquer ici que le bord supérieur et le bord inférieur du panneau de la porte ne sont pas peints dans la plupart des cas.

6. Tolérances pour l' huisserie et le panneau

Une formule statistique donne la relation entre la tolérance de l'ajustement et les tolérances pour les différents éléments (dans ce cas: panneau et huisserie).

La formule employée ici (voir complément 1) est la suivante:

$$T^2(w) = 1/4 [T^2(k) + T^2(p)] + T^2(a)$$

dans laquelle

$T(w)$ = tolérance de jeu

$T(k)$ = tolérance pour l' huisserie

$T(p)$ = tolérance pour le panneau

$T(a)$ = tolérance pour la pose de la porte.

En ce qui concerne la pose on a admis comme point de départ que le panneau de la porte était centré en large par rapport à l' huisserie, c.-à-d. que le milieu des bords horizontaux du panneau se trouvait exactement devant le milieu du seuil ou du linteau.

La tolérance du jeu est $(4 - 0,5)$ mm = 3,5 mm, la moyenne étant 2,25 mm. La division entre les jeux est choisie comme suit (voir § 2):

$T(k) = 4$ mm, $T(p) = 4$ mm et $T(a) = 2,06$ mm, ce qui vérifie la formule (1):

$$3,5^2 = 1/4 (4^2 + 4^2) + 2,06^2.$$

7. Equerrage du panneau et de l' huisserie

Au paragraphe 5 nous avons trouvé que l'écart entre deux mesures prises à deux endroits différents ne devait pas être supérieur à 2,5 mm.

L'obliquité du jeu peut se produire à cause de l'inéquerrage du panneau ou de l' huisserie ou bien à cause de l'inéquerrage des deux ou bien par suite du fait que le menuisier a posé obliquement le panneau de la porte.

L'influence du menuisier n'a pas été prise en considération pour l'instant.

En complément 2 on trouvera l'établissement de la formule suivante

$$T_{\gamma}^2 + T_{\delta}^2 = T_{\varphi}^2 + T_{\psi}^2$$

Dans cette formule T_{γ} et T_{δ} représentent les tolérances d'angle trouvées expérimentalement, respectivement du côté long et du côté court de la porte, T_{φ} et T_{ψ} sont les tolérances qui en sont déduites, pour l'inéquerrage respectif du panneau et de l'huissierie.

Prenons comme point de départ la différence maximale de 2,5 mm trouvée expérimentalement entre deux mesures d'un même jeu; il en résulte pour le côté court supposé égal à 800 mm un angle dont la tangente est $\frac{2,5}{800} = 0,003125$. Pour le côté long la tolérance précitée est, exprimée par la tangente, $\frac{2,5}{2000} = 0,001250$. Comme dans le cas d'angles aussi faibles la tangente de l'angle est égale à l'angle lui-même (exprimé en radians) on peut écrire:

$$T_{\gamma} = 0,001250 \text{ rad.}$$

$$T_{\delta} = 0,003125 \text{ rad.}$$

Si l'on accepte que le panneau et l'huissierie montrent la même inexactitude d'inéquerrage, on peut prendre $T_{\varphi} = T_{\psi}$.

A l'aide de la formule précitée on peut tirer les valeurs de T_{γ} et T_{δ} des valeurs de T_{φ} et T_{ψ} .

On trouve alors

$$T_{\varphi} = T_{\psi} = 0,00238 = \frac{1,90}{800}$$

Autrement dit, si le côté d'une équerre est posé sur le côté long du panneau ou de l'huissierie, le côté court ne sera nulle part éloigné de plus de 1,9 mm de l'autre côté de l'équerre.

Dans ce qui précède on a fait quelques suppositions que l'on ne rencontre pas toujours dans la pratique:

1. la panneau et l'huissierie ont été admis comme formant des quadrilatères irréguliers. En pratique cette condition ne sera pas toujours réalisée par suite du fait que les côtés ne sont pas rectilignes.

Dans l'exemple cité on en a fait abstraction; ce n'est que dans la formule finale qu'on a obvié à la possibilité que les éléments cités ci-dessus ne soient pas rectilignes, en admettant que les écarts admis de 1,9 mm n'ont pas trait à l'écart aux deux extrémités du côté court mais qu'ils sont l'écart en n'importe quel couple de points du côté court.

2. On a supposé que le menuisier, lors de la pose du panneau de la porte, opérait une sorte de centrage, c'est-à-dire qu'il posait le panneau dans l'huissierie sous un angle tel que les écarts éventuels d'angle entre les côtés longs du panneau et de l'huissierie étaient répartis aussi également que possible entre le jeu gauche et le jeu droit.

On peut supposer qu'en pratique le menuisier poursuit ce but, sans bien s'en rendre compte cependant.

Comme on n'est aucunement renseigné sur l'inexactitude avec laquelle le menuisier effectuait ce travail, on a provisoirement admis que cette inexactitude était admise égale à 0.

Établissement de la formule pour les tolérances sur longueur et largeur de porte et de l'huissierie

Soit d la largeur de la porte et k la largeur entre les surfaces intérieures de l'huissierie, $k - d$ est alors le jeu entre le panneau et l'huissierie. Soit w_l le jeu à gauche et w_r le jeu à droite, on trouve:

$$k - d = w_l + w_r$$

$$\sigma^2(k - d) = \sigma^2(w_l + w_r)$$

$$\sigma^2(k - d) = \sigma^2(k) + \sigma^2(d), \quad (\text{car la covariance } (kd) \text{ est égale à zéro})$$

Dans le cas où la porte est centrée (jeu à gauche = jeu à droite) on trouve:

$$w_l = \frac{k - d}{2} + f \quad (f = \text{variation du travail du menuisier})$$

$$\text{et } w_r = \frac{k - d}{2} - f$$

$$\sigma^2(w_l + w_r) = \sigma^2(w_l) + \sigma^2(w_r) + 2 \text{ covar. } (w_l, w_r)$$

$$\sigma^2(w_l, w_r) = \frac{(k - d)^2}{4} - f^2$$

$$\text{covar. } (w_l, w_r) = 1/4 \{ \sigma^2(k) + \sigma^2(d) \} - \sigma^2(f)$$

$$\sigma^2(k) + \sigma^2(d) = \sigma^2(w_l) + \sigma^2(w_r) + 1/2 \{ \sigma^2(k) + \sigma^2(d) \} - 2\sigma^2(f)$$

$$\text{ou : comme } \sigma^2(w_l) = \sigma^2(w_r) = (\text{posons}) \sigma^2(w)$$

$$2\sigma^2(w) = \sigma^2(k) + \sigma^2(d) - 1/2 \{ \sigma^2(k) + \sigma^2(d) \} + 2\sigma^2(f)$$

$$\sigma^2(w) = 1/4 \{ \sigma^2(k) + \sigma^2(d) \} + \sigma^2(f)$$

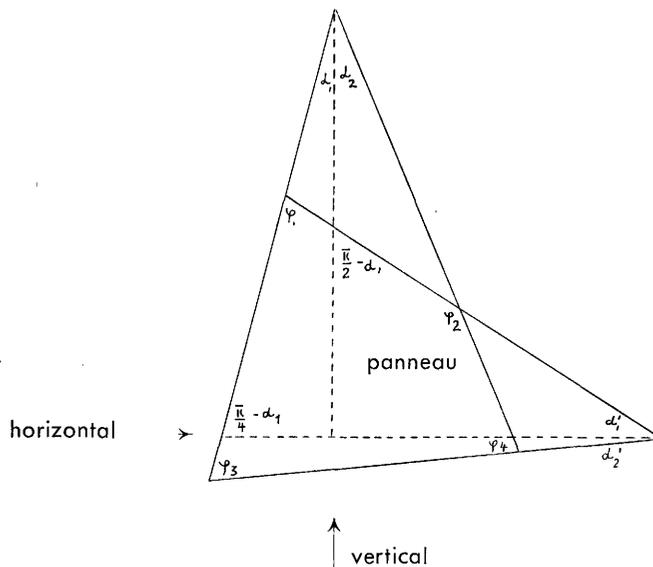
$$T^2(w) = 1/4 \{ T^2(k) + T^2(d) \} + T^2(f)$$

$$\text{Par ex. } 3,5^2 = 1/4 \{ 4^2 + 4^2 \} + 2,06^2$$

L'établissement de la formule pour les tolérances sur la longueur du panneau et de l'huissierie est tout à fait semblable à celle des tolérances sur la largeur, w_l est remplacé par w_o et w_r par w_h . w_o et w_h signifient alors respectivement le jeu en bas et le jeu en haut.

Établissement de la formule pour la tolérance sur le manque d'équerrage du panneau de porte et de l'huissérie

Un panneau de porte est supposé être un quadrilatère dont les angles sont $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ et φ_4 . En effet le panneau devrait avoir ses côtés rectangulaires. Il y aura cependant, par suite d'inexactitudes de fabrication, des angles $\alpha_1, \alpha_2, \alpha'_1$ et α'_2 entre les côtés du quadrilatère et les côtés correspondants du rectangle. (Voir figure ci-dessous)



$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\alpha = \alpha'_1 + \alpha'_2$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha'_1$ et α'_2 sont supposés être indépendants (chacun aurait dû être égal à zéro)

$$\sigma^2(\alpha_1) = \sigma^2(\alpha_2) = \sigma^2$$

$$\sigma^2(\alpha'_1) = \sigma^2(\alpha'_2) = \sigma'^2$$

$$\sigma^2(\alpha) = 2\sigma^2$$

$$\sigma^2(\alpha') = 2\sigma'^2$$

Pour les huisseries on a un résultat analogue en remplaçant α par β , σ par τ , φ par ψ .

Autres relations:

$$\varphi_1 + \frac{\pi}{2} - \alpha_1 + \frac{\pi}{2} + \alpha'_1 + \frac{\pi}{2} = 2\pi, \quad \text{d'où}$$

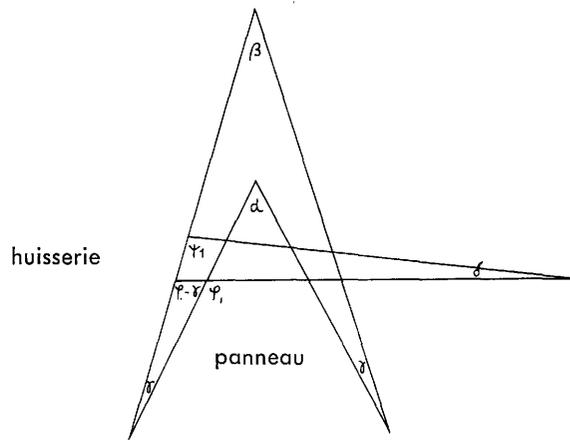
$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha_1 - \alpha'_1; \quad \psi_1 = \frac{\pi}{2} + \beta_1 - \beta'_1$$

$$\sigma^2 \varphi' = \sigma^2 + \sigma'^2; \quad \sigma^2 \psi' = \tau^2 + \tau'^2$$

Tous les φ ou ψ ont les variances ci-dessus, tous les ψ 's la dernière.

Assemblage du panneau et de l'huissierie

Quand un panneau est posé dans l'huissierie, les côtés longs du panneau font des angles γ_1 et γ_2 avec les côtés correspondants de l'huissierie. On suppose que le menuisier pose le panneau de façon telle que $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$ (voir figure).



On trouve alors:

$$2\gamma + \beta + 2\pi - \alpha = 2\pi, \quad \text{d'où } \gamma = \frac{\alpha - \beta}{2}$$

$$\therefore \sigma^2 \gamma = 1/4 (\sigma^2 \alpha + \sigma^2 \beta) = 1/2 (\sigma^2 + \tau^2) \quad (1)$$

$$\delta + \psi_1 + \pi - \varphi_1 + \gamma = \pi, \quad \text{d'où}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \varphi_1 - \psi_1 - \gamma = \frac{\pi}{2} + \alpha_1 - \alpha'_1 - \frac{\pi}{2} - \beta_1 + \beta'_1 - \gamma = \\ &= \alpha_1 - \alpha'_1 + \beta'_1 - \beta_1 - \frac{\alpha_1 + \alpha_2 - \beta_1 - \beta_2}{2}, \end{aligned}$$

$$\text{d'où } \delta = \beta'_1 - 1/2 \beta_1 + 1/2 \beta_2 - \alpha'_1 + 1/2 \alpha_1 - 1/2 \alpha_2$$

$$\begin{aligned} \therefore \sigma^2 \delta &= \tau'^2 + 1/4 \tau^2 + 1/4 \tau^2 + \sigma'^2 + 1/4 \sigma^2 + 1/4 \sigma^2 = \\ &= 1/2 (\sigma^2 + \tau^2) + (\sigma'^2 + \tau'^2) = \\ &= \sigma^2 \gamma + (\sigma'^2 + \tau'^2) \end{aligned} \quad (2)$$

En ajoutant membre à membre les deux équations (1) et (2) on trouve:

$$\sigma^2\gamma + \sigma^2\delta = (\sigma^2 + \sigma'^2) + (\tau^2 + \tau'^2)$$

d'où: $\sigma^2\gamma + \sigma^2\delta = \sigma^2\varphi + \sigma^2\psi$

Comme la tolérance est un multiple fixe de l'écart-type, on peut aussi écrire

$$T^2\gamma + T^2\delta = T^2\varphi + T^2\psi$$

$T_\gamma + T_\delta$ sont les écarts admis, trouvés expérimentalement, dans γ et δ . T_φ est la tolérance qui en est dérivée pour les angles φ du panneau de la porte et T_ψ la tolérance pour les angles ψ de l'huisserie. T_γ et T_δ sont connus, à savoir respectivement 0,001250 et 0,003125. La répartition entre T_φ et T_ψ est arbitraire. On a supposé provisoirement que ces deux étaient de même grandeur.

*Chapitre VI Étude sur les applications de
l'acier sur les chantiers du
deuxième programme*

C.D.U. 691.714 : 69.001.5 (100)

(texte original: français)

*par G. Démarre
Centre scientifique et technique du bâtiment,
Paris*

Sommaire

	Page
0. Préambule	227
0.1 Objet du rapport	227
0.2 Plan de l'étude	227
1. Prescriptions du programme concernant l'utilisation de l'acier	228
2. Éléments en acier entrant dans la construction des bâtiments sur les différents chantiers du programme	230
2.1 Allemagne (R.F.)	231
2.2 Belgique	233
2.3 France	235
2.4 Italie	240
2.5 Pays-Bas	241
3. Applications nouvelles de l'acier	242
3.01 Ossature porteuse	242
3.02 Coffrages pour murs porteurs en béton banché	247
3.03 Parois verticales extérieures	248
3.04 Toitures	250
3.05 Planchers	251
3.06 Escaliers	253
3.07 Menuiseries extérieures	257
3.08 Huisseries et bâtis	261
3.09 Couverture	261
3.10 Chauffage	265
3.11 Équipement sanitaire et ménager	266
4. Considérations sur les emplois de l'acier sur les chantiers du deuxième programme	269
4.01 Ossature porteuse	269
4.02 Coffrages métalliques pour murs porteurs en béton banché	271
4.03 Parois verticales extérieures en acier	273
4.04 Charpentes métalliques pour toitures	275
4.05 Planchers préfabriqués à armatures spéciales	276
	225

	Page
4.06 Escaliers métalliques	276
4.07 Fenêtres en acier	276
4.08 Huisseries et bâtis	278
4.09 Couvertures	278
4.10 Radiateurs en acier	278
4.11 Équipement sanitaire et ménager	278
5. Conclusions générales	280

0. Préambule

0.1 Objet du rapport

Les directives administratives et techniques applicables au deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. avaient souligné, dans la définition de l'objet du programme, que l'expérience entreprise pour l'application de la normalisation et de la coordination modulaire devait être axée plus particulièrement sur l'utilisation d'éléments traditionnels ou non traditionnels fabriqués à partir de l'acier.

A cet effet les directives techniques imposaient l'emploi de l'acier pour certains éléments de la construction et recommandaient son emploi pour certains autres éléments, pour lesquels l'utilisation de l'acier n'est pas encore très répandue.

Pour les applications de l'acier rendues obligatoires par les directives, les maîtres d'ouvrages et les architectes ont généralement respecté les conditions du programme, sauf dans quelques cas particuliers où ils en ont été empêchés par des réglementations locales.

Par contre, pour les applications qui étaient seulement recommandées ou laissées au choix des intéressés, les maîtres d'ouvrages se sont souvent heurtés à des difficultés d'ordre financier pour adopter des solutions en acier. On verra néanmoins plus loin que des solutions en acier très originales ont pu être expérimentées avec succès sur certains chantiers.

Le présent rapport a pour objet de rappeler succinctement les directives techniques concernant l'utilisation de l'acier, d'examiner comment ces directives ont été suivies sur les différents chantiers, d'analyser plus particulièrement certaines applications de l'acier et de présenter les conclusions auxquelles sont arrivés les Instituts concernant l'utilisation de l'acier dans les chantiers du deuxième programme. On a, en particulier, cherché à déceler les causes des difficultés qui ont été rencontrées pour adopter des solutions en acier pour certains éléments du bâtiment.

0.2 Plan de l'étude

Le plan adopté pour le rapport résulte de l'objet rappelé ci-dessus. Le rapport comporte les divisions suivantes:

(1) Prescriptions du programme concernant l'utilisation de l'acier

Cette partie du rapport est une simple énumération des conditions prévues dans les «Directives administratives et techniques» pour l'utilisation de l'acier dans les divers éléments des constructions.

(2) Éléments en acier, entrant dans la construction des bâtiments sur les différents chantiers du programme

Cette section comporte, pour les différents chantiers du programme, des tableaux indiquant les éléments en acier, traditionnels ou non, entrant dans la construction des bâtiments, ainsi que les caractéristiques essentielles succinctes de ces éléments.

(3) Applications nouvelles de l'acier

Cette partie concerne les applications nouvelles de l'acier, soit pour la réalisation de certains éléments entrant dans les constructions du deuxième programme soit pour la mise en œuvre d'éléments de ces mêmes constructions (par exemple: murs en béton banché de certains chantiers).

Pour ces applications nouvelles on a présenté une documentation comportant une description sommaire, illustrée de croquis et de quelques photographies, quand cela a été possible. Une attention spéciale a été portée sur les moyens de protection contre la corrosion et sur l'importance de l'entretien des éléments en acier.

(4) Considérations sur les emplois de l'acier sur les chantiers du deuxième programme

Cette partie, traite des conclusions auxquelles sont arrivés les instituts, concernant l'utilisation de l'acier dans les chantiers de leur pays: comparaison des éléments en acier avec des éléments remplissant les mêmes fonctions, mais constitués avec d'autres matériaux; avantages et inconvénients des éléments en acier: éventuellement obstacles rencontrés sur les chantiers pour utiliser de l'acier dans certains éléments du bâtiment.

(5) Conclusions générales

On a cherché enfin à réunir les diverses indications qui peuvent être relevées concernant les possibilités de développement des diverses applications de l'acier étudiées dans le second programme expérimental.

1. Prescriptions du programme concernant l'utilisation de l'acier

Les prescriptions du programme concernant l'utilisation de l'acier étaient contenues dans les «Directives administratives et techniques applicables au deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A.».

Elles sont rappelées succinctement ci-après, pour chaque nature d'ouvrage en indiquant les raisons qui justifiaient lesdites prescriptions.

Ossature

Pour les constructions comportant une ossature porteuse et des remplissages, le programme n'imposait pas une ossature en acier. En laissant la liberté du choix du matériau d'ossature, le comité des experts avait tenu compte du fait que c'est surtout pour les immeubles élevés que l'ossature en acier présente des avantages.

Parois verticales extérieures

Il était loisible aux constructeurs d'utiliser des parois de remplissage ou des habillages comportant l'utilisation d'éléments en acier ou constituées entièrement avec de la tôle d'acier.

Le comité des experts avait estimé qu'il n'était pas possible d'imposer de telles solutions qui sont encore exceptionnelles, surtout dans les logements à caractère social. En fait, en dehors du procédé Domofer qui constitue un système global d'utilisation de l'acier, on n'a utilisé des panneaux de façade à base d'acier que sur un seul chantier (Carmaux).

Planchers

Les systèmes de planchers utilisés devaient comporter soit des solives entièrement en acier, soit des solives associant le béton à une armature composée de profilés spéciaux en acier.

La première solution est le plus souvent employée en association avec une charpente en acier. Comme la charpente en acier n'était pas imposée, c'est donc surtout la deuxième solution qui était visée. Cette prévision tenait compte du fait que plusieurs procédés concernant cette deuxième solution ont été utilisés depuis la dernière guerre, dans tous les pays de la Communauté.

Toiture inclinée

Les directives imposaient, pour les toitures inclinées comportant des fermes et pannes ou des fermettes, l'utilisation de l'acier pour lesdits éléments.

Cette prévision était justifiée par certains avantages des charpentes métalliques – avantages qui sont examinés plus loin.

Escaliers

L'ossature des escaliers devait être métallique. En fait, des dérogations ont dû être accordées pour respecter certains règlements locaux, relatifs à la prévention du feu dans la construction.

Fenêtres

Les fenêtres devaient être en acier ou en fonte grise moulée.

Les fenêtres en acier pouvaient être en profilés ou en éléments tubulaires de tôle pliée.

Cette prescription était justifiée par le développement pris par les fenêtres métalliques dans la construction moderne.

Persiennes (volets)

Les protections éventuelles des baies du rez-de-chaussée et des étages étaient prévues en persiennes ou volets métalliques, ce qui était normal, puisque ces protections étaient associées à des fenêtres elles-mêmes métalliques.

Huisseries et bâtis

Les huisseries et bâtis pour portes de communication, les encadrements de baies libres, les bâtis dormants de placards de rangement devaient être en tôle pliée. Cette prévision était justifiée par le développement de l'utilisation de l'acier pour les éléments en question et pour certains avantages qui seront examinés plus loin.

Couverture

Les directives n'imposaient pas l'utilisation de l'acier pour la couverture. Elles prévoyaient néanmoins que la couverture pouvait être en éléments de tôle pliée ou en complexe d'étanchéité comportant l'utilisation d'une feuille d'acier.

Le comité des experts avait estimé qu'en l'occurrence il n'y avait pas lieu d'imposer l'utilisation de l'acier en raison de la nouveauté de ce mode de couverture pour les bâtiments à usage d'habitation et des nombreux problèmes qu'il pose à divers points de vue et, en particulier, au sujet de l'isolation thermique, de la protection contre la corrosion, et de la durabilité.

Canalisations

Les directives imposaient que les canalisations d'alimentation en eau froide et chaude seraient en fer galvanisé et que les canalisations de chauffage et de gaz seraient un tube noir ou en fer galvanisé.

Les canalisations d'évacuation des eaux usées et chutes de W.C. devaient être en fonte.

Ces utilisations de l'acier sont d'un usage courant dans le bâtiment.

Équipement sanitaire

L'évier devait être en acier inoxydable ou en tôle ou fonte émaillée.

La baignoire ou le bac à douches – bac à laver devaient être en fonte ou en tôle émaillée.

Ces utilisations de l'acier sont également d'un usage courant dans le bâtiment.

Équipement ménager

Pour l'équipement ménager, les directives se contentaient de recommander, pour les volumes de rangement de la cuisine, des meubles utilisant des éléments en acier.

Dans l'ensemble, les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre se sont efforcés de se conformer aux prescriptions et aux recommandations directives en matière d'utilisation de l'acier.

Toutefois, des circonstances particulières ont quelquefois empêché les maîtres d'œuvre de faire appel aussi largement qu'ils l'auraient désiré, à l'utilisation d'éléments en acier:

- dans certains cas, interdiction d'utilisation de l'acier pour certains éléments, en vertu de réglementations particulières.
- difficultés locales d'approvisionnement, pour certains éléments en acier utilisées peu couramment dans la région ou le pays.
- prix souvent supérieurs des éléments en acier, pour des raisons qui seront analysées plus loin, et impossibilité d'incorporer de tels éléments dans la construction, en raison de la limitation de prix imposée par les règlements applicables aux constructions bénéficiant d'une aide de l'État.

2. Éléments en acier, entrant dans la construction des bâtiments sur les différents chantiers du programme

On trouvera ci-après pour les chantiers des divers pays de la Communauté, les tableaux indiquant les éléments en acier, traditionnels ou non, entrant dans la construction des bâtiments, ainsi que les caractéristiques essentielles succinctes de ces éléments. Quand des éléments de même nature se répètent pour plusieurs chantiers, comme c'est le cas pour l'Allemagne les chantiers correspondants, sont groupés sous une même rubrique.

Les tableaux afférents à des chantiers particuliers comportent plusieurs colonnes dans lesquelles sont inscrits les renseignements suivants:

- Colonne 1 Nature de l'élément
- Colonne 2 Description très sommaire et caractéristiques dimensionnelles
- Colonne 3 Mode de protection contre la corrosion
- Colonne 4 Normes auxquelles les éléments sont conformes. L'indication «C.E.C.A.» signifie que les dimensions sont conformes aux directives du programme
- Colonne 5 Observations.

Les tableaux sont donnés dans l'ordre suivant:

Allemagne (R.F.) (I)

Belgique (II)

France (III)

Italie (IV)

Pays-Bas (V)

2.1 Allemagne (R. F.)

Le tableau ci-après concerne le chantier de Dortmund qui est celui comportant les applications les plus nombreuses de l'acier.

Ces applications concernent en effet:

- l'ossature porteuse (procédé Hoesch)
- les planchers (procédé Hoesch)
- la toiture
- la couverture
- les escaliers
- les menuiseries extérieures
- les huisseries
- les canalisations
- le chauffage
- l'équipement sanitaire et ménager
- les portes d'entrée d'immeuble.

Pour les autres chantiers allemands qui comportent, le plus souvent des éléments semblables en acier, on énumère ces éléments, en indiquant, pour chacun d'eux, les chantiers sur lesquels on les rencontre.

Chantier de Dortmund (Allemagne)

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Ossature porteuse	Profilés légers en acier «Hoesch» — Profilés en C soudés — Supports transversaux L 70/40/15	Double couche d'enduit par immersion dans chromate de zinc	Module de 1,20 m	
b) Planchers	Profilés légers en acier «Hoesch» — Profilés en C soudés — L 140/40/15	— idem —	— idem —	
c) Toiture	Poutres avec membrures inférieures et supérieures en profil 27/50/30/50/2 Profil en U 22/24/22/2	— idem —		
d) Couverture	Tôle d'acier ondulée	Galvanisation		
e) Escaliers	Escaliers à limons préfabriqués en tôle d'acier (marches en pierre artificielle)	Impression au minium 2 couches peinture		
f) Menuiseries extérieures Portes d'entrée	Profilés creux «Mauser» avec feuillure double pour les battants	Couche d'impression galvano-Permatex		
g) Huisseries	Tôle d'acier épaisseur 1,5 mm pour portes à recouvrement	— idem —		
h) Canalisations	Tuyaux de fonte			
i) Chauffage	Radiateurs en acier			
j) Équipement sanitaire et ménager	Eviers «Nirosta» Baignoire en tôle d'acier	Acier inoxydable Émaillage extérieur		Métalor Modell.B 100 de Métalor AG Winterthur (Suisse)

Pour les chantiers autres que celui de Dortmund, les applications particulières de l'acier ne concernent que les éléments suivants:

Toitures

a) Fermettes métalliques à treillis du système Filigran. Il s'agit d'un système de charpente métallique qui est livré en Allemagne par une usine et qui a des applications aussi bien pour les bâtiments d'habitation que pour les bâtiments industriels. Ce système a été utilisé sur les chantiers de Gelsenkirchen-Buer; Gladbeck, Gelsenkirchen, Höngen; Essen; Welper.

Ce procédé est décrit, ci-après à l'article 3.04 «Toitures».

b) Sur le chantier de Moers, les fermes sont en bois mais par contre, on a utilisé pour la couverture des tuiles en acier de la société Siegener A.G. Geisweid, Krs. Siegen.

c) Sur le chantier de Salzgitter, les fermes sont également métalliques; poutres à treillis de la société Adolf Stöterau, Wolfenbüttel.

Fenêtres

Les fenêtres métalliques sont de deux types:

a) fenêtres en laminés métalliques pour vantaux pivotants et basculants. Ce type est employé sur les chantiers de Gelsenkirchen-Buer; Gladbeck; Gelsenkirchen; Höngen.

Ces fenêtres reçoivent les protections suivantes:

- métallisation au zinc par pulvérisation, à chaud pour les fenêtres des chantiers de Gelsenkirchen-Buer et Höngen;
- peinture au minium pour les fenêtres des chantiers de Gladbeck et de Gelsenkirchen.

Elles sont préfabriquées par la Société C. H. Jucho.

b) Fenêtres en profilés creux de tôle pliée.

Pour le chantier de Moers, fenêtres type novoferm, fabriquées par la société Isselwerk GmbH.

Pour les chantiers d'Essen, de Welper et de Salzgitter, fenêtres fabriquées par la société Kaether et C° GmbH.

Ces fenêtres sont également métallisées au zinc par pulvérisation à chaud.

Huisseries

Sur tous les chantiers allemands, les huisseries sont métalliques: huisseries en tôle pliée d'épaisseur 1,5 mm; 1,75 mm ou 2 mm suivant les chantiers; profil spécial en 1,5 mm d'épaisseur pour le chantier de Salzgitter.

Canalisations

Pour les canalisations, les directives du programme ont été respectées sur tous les chantiers.

Chauffage

Sur 6 chantiers, on a installé des radiateurs en acier et sur les 3 autres des radiateurs en fonte.

Équipement sanitaire

Les éviers Nirosta en acier inoxydable ont été utilisés sur les chantiers suivants: Gelsenkirchen, Gladbeck, Essen, Welper et Salzgitter.

D'autres marques d'éviers en acier inoxydable ont été utilisées sur les chantiers de Höngen et de Moers.

Des baignoires en tôle émaillée ont été installées dans les chantiers de Gelsenkirchen-Buer, de Gladbeck, de Höngen et de Salzgitter.

Des baignoires en fonte émaillée ont été installées à Gelsenkirchen, Moers, Essen et Welper.

Portes

Des portes métalliques d'entrée d'immeuble ont également été installées dans les chantiers de Höngen, Gladbeck, Moers et Essen-Frintrop.

En outre, sur ce chantier de Höngen, la paroi de séparation entre le W.C. et la salle de bains est une cloison à cadre métallique comprenant deux parois à panneaux de fibre dure de 2,24 m et 1,50 m de longueur avec deux portes métalliques de 0,62 et 0,75 m de largeur.

2.2 Belgique

Chantiers de: Beyne-Heusay
 Cuesmes
 Marcinelle

Les éléments comportant totalement ou partiellement l'emploi de l'acier, intéressent:

- les coffrages des murs porteurs
- les coffrages de planchers en béton
- les menuiseries extérieures
- les huisseries des menuiseries intérieures
- les canalisations
- le chauffage
- l'équipement sanitaire
- l'équipement ménager
- les garde-corps de balcons

Leurs caractéristiques essentielles sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Chantiers de Beyne-Heusay, Cuesmes, Marcinelle (Belgique)

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Murs porteurs	Murs en béton banché avec coffrage en panneaux en tôle de 3 mm d'épaisseur, de dimensions 3,60 x 2,40 raidis par poutres composées	Peinture à base minium plomb à l'extérieur		Les coffrages de la colonne 2) sont utilisés sur le chantier de Beyne-Heusay
b) Planchers	En béton armé coulés sur panneaux en tôle 3,60 x 9,60 Raidisseurs profil acier U + sous-tendeurs	Peinture à base minium plomb à l'extérieur		Pour les chantiers de Cuesmes et Marcinelle coffrages de 60 x 240 raidis par longerons et équerres de soutien
c) Escalier	Préfabriqués en béton poli Rampe et garde de corps acier-Profil tubulaire Ø 16	Rampe et garde Peinture sur base minium de plomb + décorative synthétique		
d) Fenêtres du sous-sol	Acier profil U 36 mm hauteur 4 mm épaisseur	Peinture synthétique sur base minium plomb	NBN 152	
e) Huiseries	Acier tôle pliée épaisseur 1,5 mm. Assemblage par soudure en atelier	Peinture au chromate de zinc	NBN 154	
f) Canalisations	Acier tôle pliée Acier galvanisé Section 1/2 " (Zoll)		ABS 70 ABS 71	
g) Chauffage	Radiateurs en acier à panneaux-tuyauteries acier	Peinture sur base de minium	NBN 236 Min Tr. Pu Fasc. XI	
h) Equipement ménager	Cuisinière avec four + Armoire frigorifique d'une capacité de 135 l + Evier double cuvette et chauffe-eau distributeur 5 l/minute Dimensions totales 179,5 x 60 x 90 tablette générale en tôle d'acier, inoxydable épaisseur 10/10. L'ensemble constitue un meuble complet en tôle acier vitrifiée d'épaisseur 10/10	Acier inoxydable et vitrification de l'acier	NBN 468	
i) Equipement sanitaire	Tub douche-fonte émaillée Dimensions totales 80 x 80 x 18 cm. Armoire lavabo en tôle acier vitrifiée d'une ép. 10/10	Vitrification de l'acier	NBN 468	Le chauffe-eau du bloc ménager alimente l'équipement sanitaire
j) Garde-corps de balcons	Grille-Ferronnerie	Toutes faces sablées et métalliquées de zinc 500 gr/m ²		

2.3 France

2.31 Chantier du Konacker

Les éléments comportant totalement ou partiellement l'emploi de l'acier intéressent:

- les murs de façade
- les planchers
- les escaliers
- les menuiseries extérieures
- les huisseries des portes intérieures
- les canalisations
- le chauffage
- l'équipement sanitaire et ménager.

Leurs caractéristiques essentielles sont indiquées dans le tableau ci-dessous:

Chantier du Konacker

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Parois verticales extérieures	Murs en béton banché avec coffrages métalliques «Isoparid» épaisseur brute 25 cm			
b) Planchers d'étages et toitures terrasse	Type Davum-DFC <i>Poutrelles préfabriquées</i> Aciers inférieurs: ronds lisses 40—60 enrobés dans patin béton Aciers treillis: ronds lisses Aciers supérieur: plat 40 x 2 épaisseur brute: 24 cm			
c) Escaliers	Limons caisson en tôle soudée épaisseur 3 mm — avec cornières 40/60 rapportées sur limon marches en béton	1 couche peinture anti-rouille 2 couches peinture glycérophthalique		
d) Menuiseries métalliques	Tôle profils normaux et U.T.M.M. (36 mm)	Idem éléments (c)	NFA 45-601 NFP 24-201	
e) Huisseries	Tôle pliée au galet épaisseur 175/100	Idem éléments (c)	C.E.C.A. NFP 24-403	
f) Canalisations	Fer galvanisé			
g) Chauffage	Convecteurs Runtal, en tôle d'acier — et radiateurs fonte canalisations en tube acier étiré			
h) Equipement sanitaire et ménager	Bacs à douches: fonte émaillée 0,90 x 0,90 Evier acier inoxydable 1,20 x 0,60			

2.32 Chantier de Carmaux

Les éléments, comportant l'emploi de l'acier intéressent:

- les parois verticales extérieures
- les pannes de couverture en treillis
- les pannes de couverture autoportants
- les menuiseries extérieures
- les huisseries des portes intérieures
- les canalisations
- le chauffage
- l'équipement sanitaire.

Leurs caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous:

Chantier de Carmaux

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Parois verticales extérieures	Panneaux de façade de type «Elafer» Parois extérieures en tôle d'acier nervurée — épaisseur 8/10	1 couche peinture spéciale 2 couches peinture glycérophthalique		
b) Pannes de couverture	En treillis aciers profilés type «Macomber» hauteur: 20 et 25 cm	2 couches peinture anti-rouille		
c) Couverture	Bacs autoportants «Nervobac» en tôle galvanisée à chaud épaisseur 8/10, longueur 9 m	Galvanisation à chaud		
d) Menuiseries extérieures	tôle pliée en profils tubulaires fermés, épaisseur 15/10	1 couche peinture spéciale 2 couches peinture glycérophthalique		
e) Huisseries	Tôle profils ouverts épaisseur 15/10	1 couche peinture anti-rouille 2 couches peinture glycérophthalique	NF P 01-005 P 24-403	
f) Canalisations	Fer galvanisé			
g) Chauffage	Radiateur en fonte Canalisations en acier			
h) Equipement sanitaire	Bac à douches: fonte émaillée 0,80 x 0,70			

2.33 Chantier de Florange

Les éléments dans le procédé Domofer adoptés pour ce chantier comportant l'emploi de l'acier intéressent:

- l'ossature
- les parois verticales extérieures
- les planchers
- les escaliers
- les menuiseries extérieures
- les huisseries des menuiseries intérieures
- les canalisations
- l'équipement sanitaire et ménager.

Leurs caractéristiques sont données dans le tableau ci-dessous:

Chantier de Florange

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Ossature porteuse	Éléments en tôle d'acier «Sollac» Poteaux et poutres voir description ci-après	Peinture à base de goudron		
b) Parois verticales extérieures	Tôle d'acier nervurée. Éléments laminés à froid. voir description ci-après	Galvanisation par Sendzimir 1 couche anti-rouille et plusieurs couches de peinture glycérophthalique		
c) Planchers	Solives, Section en U, en tôle d'acier laminée à chaud voir description ci-après	Peinture à base de goudron		
d) Escaliers	Limon: section en U en tôle voir description ci-après			Limon et marches forment un ensemble préfabriqué pour 1 volée
e) Menuiseries extérieures	Bâtis en profilés de tôle pliée (type TAG) voir description ci-après	Galvanisation par Sendzimir 1 couche peinture anti-rouille et plusieurs couches de peinture glycérophthalique		
f) Huisseries	En tôle d'acier pliée, fabriquées au galet épaisseur tôle 175/100	Comme élément (e)	NFP 24-403 et NFP 01-005	
g) Canalisations	Fer galvanisé			
h) Équipement sanitaire	Bac à douches — fonte émaillée 0,80 x 0,80			
i) Équipement ménager	Évier en tôle acier émaillée 1,20 x 0,60 Meuble sous évier en tôle laminée			

2.34 Chantier de Longwy

Les éléments comportant l'emploi de l'acier intéressent:

- les murs de façade
- les planchers
- la charpente
- la couverture
- les menuiseries extérieures
- les huisseries des menuiseries extérieures
- les canalisations
- les équipement sanitaire et ménager.

Leurs caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous:

Chantier de Longwy

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Murs de façade	Murs béton banché avec coffrages métalliques «Isoparid» épaisseur brute: 22 cm			
b) Planchers	Traditionnels en solives acier IPN 140 avec hourdis creux terra cuite			
c) Charpente	Arbalétriers acier ILPN 140 IPN 140 — pente: 18 % pannes bois	1 couche minium 2 couches peinture		
d) Couverture	Bacs nervurés tôle autopor-tante (type des Hauts Four-neaux de la «Chiers») voir description ci-après	Galvanisation 1 couche peinture phosphatante 2 couches peinture glycérophthalique		
e) Menuiseries extérieures	Tôle et profilés laminés à chaud	1 sablage 1 couche minium 2 couches peinture	NFA 45-601 NFP 24-201	
f) Huisseries	Tôle et profilés standard et normalisés épais. 1,75 mm	1 couche chromate de zinc 2 couches peinture	NFP 24-403 NFP 01-005	
g) Canalisations	Fer galvanisé			
h) Équipement sanitaire ménager	Baignoire sabot fonte émaillée 1,08 x 0,685 Acier inoxydable 1,20 x 0,60			

2.35 Chantiers de Saint-Avoid (Émile Huchet et la Carrière)

Les éléments comportant l'emploi de l'acier intéressent:

- les planchers
- les menuiseries extérieures
- les huisseries des portes intérieures
- la serrurerie (herses d'escalier) les garde-corps des loggias
- les canalisations
- le chauffage
- l'électricité
- les équipements sanitaire et ménager.

Leurs caractéristiques essentielles sont indiquées dans le tableau ci-dessous:

Chantiers de Saint-Avoid (Émile Huchet et la Carrière)

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Plancher et toiture terrasse	type «BH» Poutrelles préfabriquées (voir ci-après chapitre 3.04 planchers) avec hourdis «Durox» armatures en acier «TOR» et treillis «Gantois»	Enrobage par le béton		
b) Menuiseries extérieures	Profils laminés à chaud UTM à double recouvrement	Métallisation à froid Couches anti-rouille		
c) Huisseries	Tôle pliée au galet épaisseur 175/100	Couches anti-rouille	NFP 24-401 NFP 24-403	
d) Serrurerie Herses d'escalier	tube étiré sans soudure de 26/34 et 40/49	Couches anti-rouille		
e) Garde-corps (loggias)	profilés acier doux du commerce ϕ 14/14 et ϕ 40.12	Couches anti-rouille		
f) Canalisations	Fer galvanisé			
g) Chauffage	Radiateurs fonte	Couches anti-rouille		
h) Électricité	Tube acier émaillé U.S.E.	Émaillage à chaud, intérieurement et extérieurement	C 68 100	
i) Équipement sanitaire et ménager	Bac à douches fonte évier acier inoxydable, type «Facel Uginox»			

2.4 Italie

Chantier de Milan-Forlanini

Les éléments, comportant totalement ou partiellement l'emploi de l'acier, intéressent:

- la couverture
- les menuiseries extérieures
- les huisseries des portes intérieures
- les canalisations
- le chauffage
- l'équipement sanitaire.

Leurs caractéristiques essentielles sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Nota – Les caractéristiques du chantier de Gênes-Prà sont semblables à celles du chantier de Milan, sauf les bloc-fenêtres.

Chantier de Milan-Forlanini (Italie)

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Couverture	Éléments en tôle d'acier nervurée (type «Alusic») laminés à froid et galvanisés (procédé Sendzimir) épaisseur 6/10, largeur 80 cm	Galvanisation		
b) Menuiseries extérieures	Profilés en tôle épaisseur 10/10 (Profiltubo Secco) pour les vantaux Profilés en tôle épaisseur 15/10 pour montants et traverses	Galvanisation		Les fenêtres sont finies en atelier, et sur chantier sont montées complètes (avec vitrage, volets roulants, panneaux sandwich en «petralitglasal» et tous accessoires). Le bloc fenêtre est complété par le radiateur en acier
c) Huisseries	Profilés en tôle acier galvanisée (procédé Sendzimir) épaisseur 11/10	Vernis avec 2 couches peinture		Équipement électrique incorporé
d) Canalisations	Fer galvanisé			
e) Chauffage	Radiateurs du type à panneaux chauffants en tôle d'acier	Peinture en usine à chaud		
f) Équipement sanitaire	Bloc d'eau en acier galvanisé Baignoire tôle acier émaillée 1,05 m x 0,64 m	Galvanisé à chaud intérieurement et extérieurement		Le bloc, construit à l'usine, est constitué par un châssis en profilés de fer dans lequel sont groupés les colonnes d'alimentation, d'évacuation et de ventilation et les branchements correspondants aux divers appareils sanitaires

2.5 Pays-Bas

Les éléments comportant totalement ou partiellement l'emploi de l'acier, intéressent:

- les planchers (planchers du système Omnia)
- la charpente
- les huisseries, en tôle pliée
- les menuiseries extérieures, en profilés spéciaux
- les canalisations
- l'équipement sanitaire (bac à douche).

Chantier de Heemskerk (Pays-Bas)

Nature des éléments (1)	Description sommaire et caractéristiques des éléments (2)	Mode de protection contre la corrosion (3)	Normes (4)	Observations (5)
a) Planchers des étages et planchers-terrasses	Poutrelles avec treillis en tôle pliée, système Omnia	Enrobage par le béton pour les planchers-terrasses protection par chape ciment de 3 cm, isolation par plaques Durox 7 cm, étanchéité par 2 feutres bituminés, surfacage par poudre schisteuse		
b) Escaliers	Rampes de tubes en acier galvanisé d'un diamètre de resp. 40, 30 et 22 mm			
c) Huisseries	Tôle pliée, laminée à froid	Minium		
d) Menuiseries extérieures	Profilés spéciaux, étirés et calibrés	Décapage, zingage (35 micron) et couche d'impression au minium	Selon les prescriptions: «Conditions de qualité pour fenêtres et portes en acier» 1954	
e) Canalisations	Tuyaux en fonte			
f) Équipement sanitaire et ménager	Bac à douches en fonte 80 x 80 évier en fonte 50 x 40 x 15	Émaillage intérieur		N° 131 de la Sté Buderus'sche Eisenwerke Wetzlar
g) Balustrades (balcons et paliers)	Tubes en acier galvanisé	Décapage, zingage et 2 couches de minium		

3. Applications nouvelles de l'acier

Par applications «nouvelles» de l'acier, on entend ici, ou bien des procédés qui ont été utilisés pour la première fois dans les chantiers expérimentaux du deuxième programme de la C.E.C.A., ou bien des procédés qui, bien qu'ayant déjà été utilisés antérieurement sont relativement récents. D'autre part, il s'agit aussi bien de procédés utilisant l'acier comme élément constitutif que de procédés utilisant des éléments spéciaux en acier, pour leur mise en œuvre. Ces applications sont présentées, ci-après, par nature d'ouvrage.

Afin de faciliter des comparaisons éventuelles entre les divers chantiers, la décomposition du bâtiment par nature d'ouvrage suit l'ordre indiqué dans les «Directives administratives et techniques», depuis l'ossature jusqu'aux équipements sanitaire et ménager.

Chaque élément, réputé nouveau, fait l'objet d'une description technique sommaire (texte et dessins) accompagnée de photographies, chaque fois que la chose est possible.

3.01 Ossature porteuse

Les applications originales concernent

- l'Allemagne (I)
- la France (III)

I – Allemagne – Chantier de Dortmund

Procédé «Hoesch»

(Voir photographies 1-4)

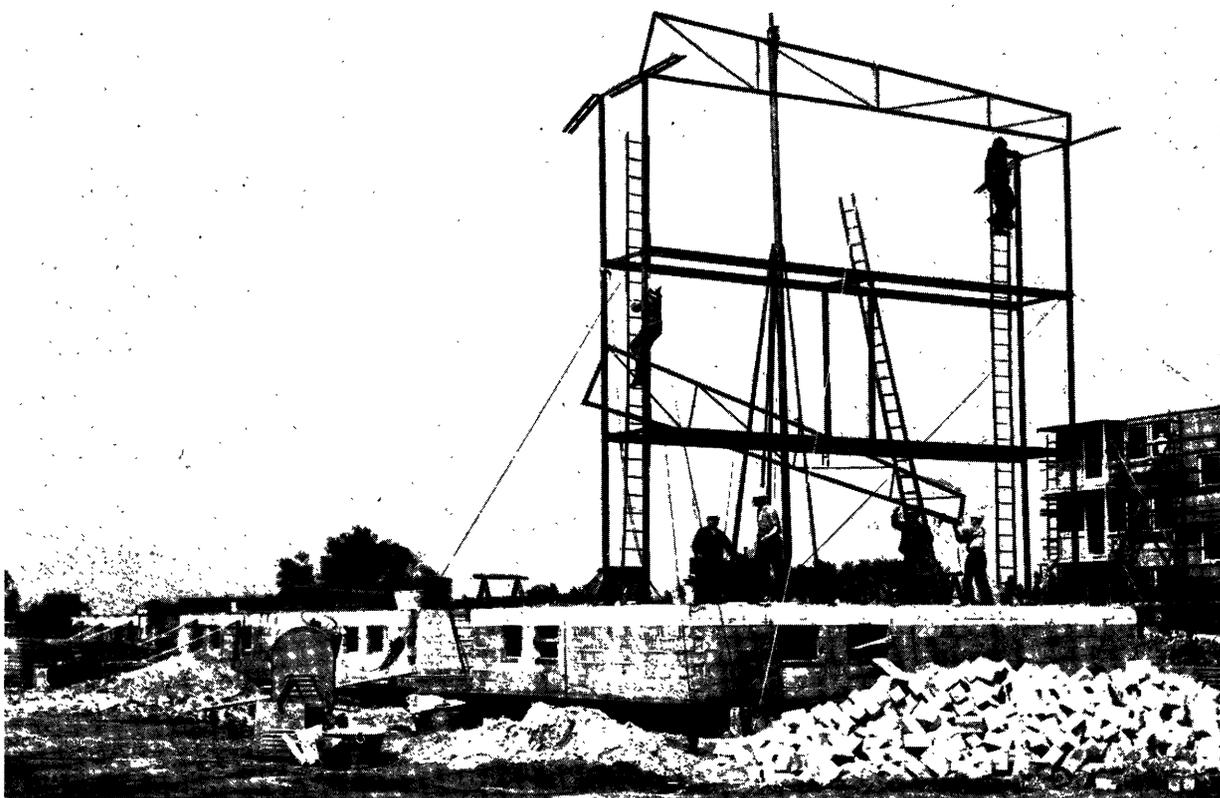


Photo 1 Montage de l'ossature porteuse — Procédé «Hoesch»

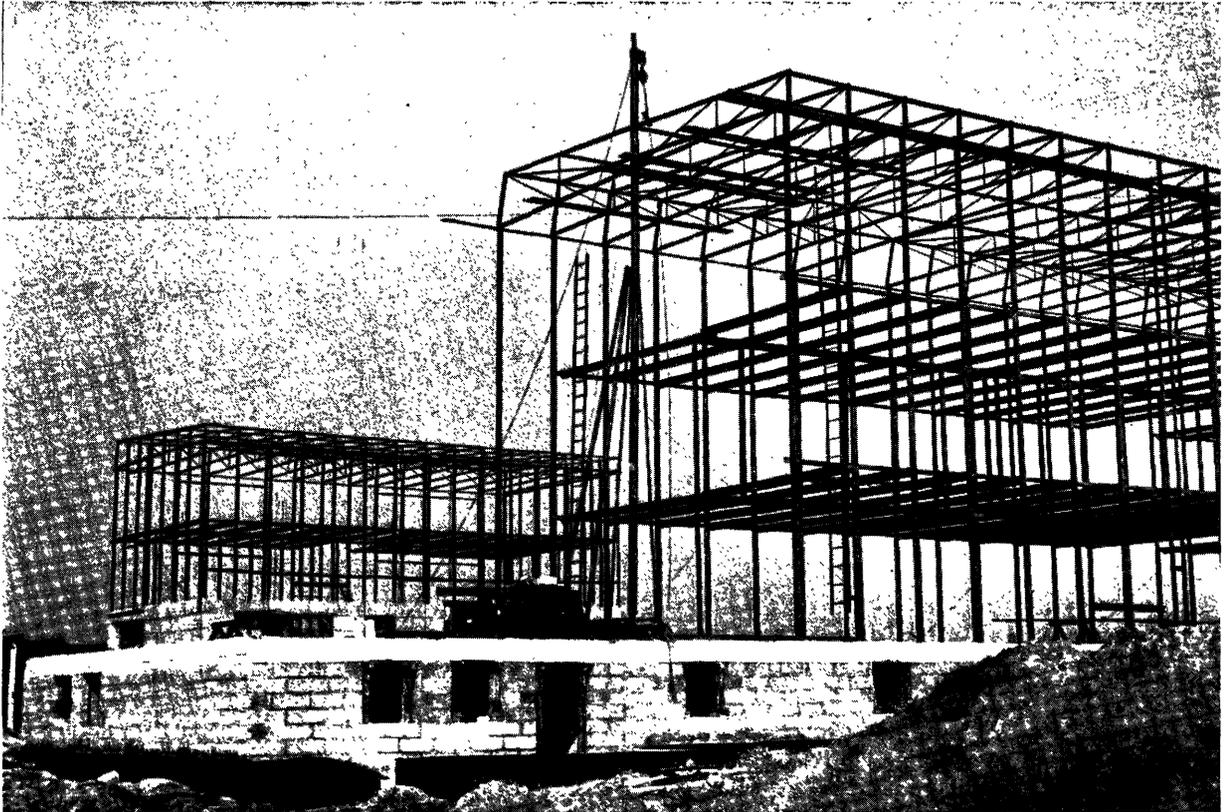


Photo 2 Montage de l'ossature porteuse — Procédé «Hoesch»

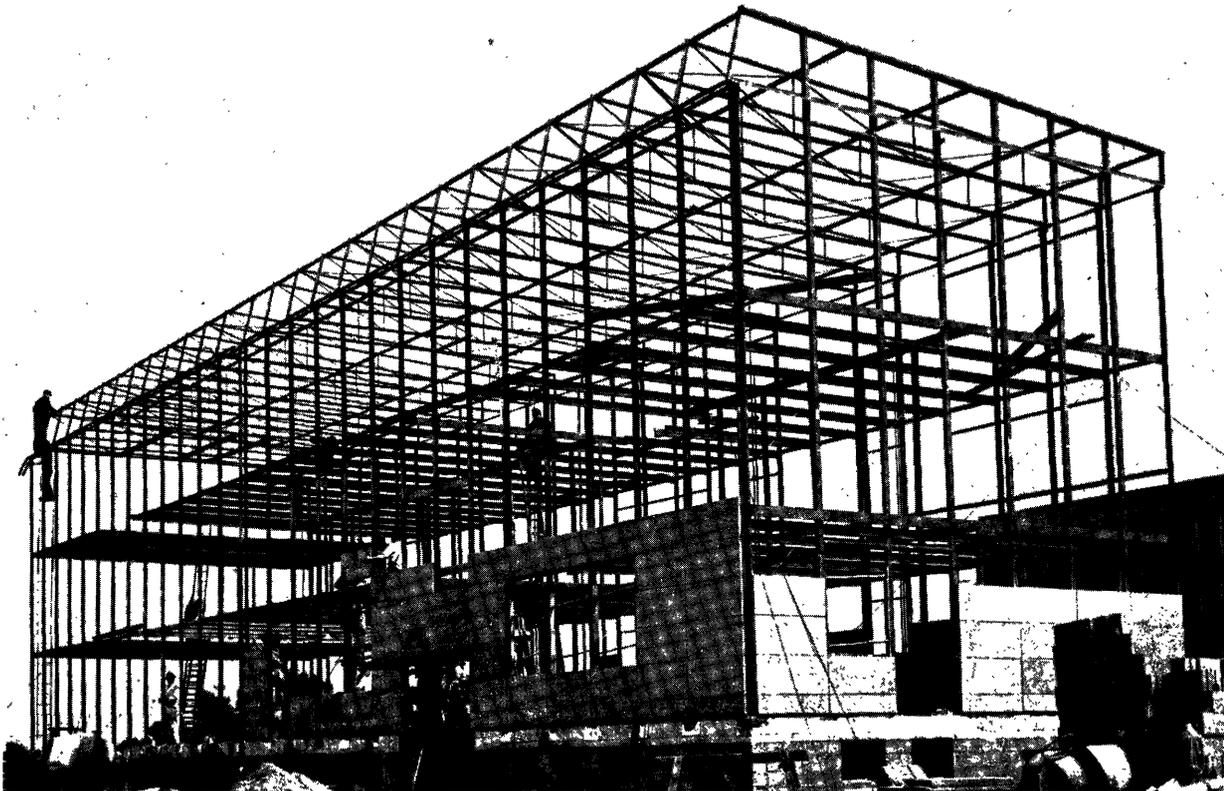


Photo 3 Montage des éléments de façade — Procédé «Hoesch»

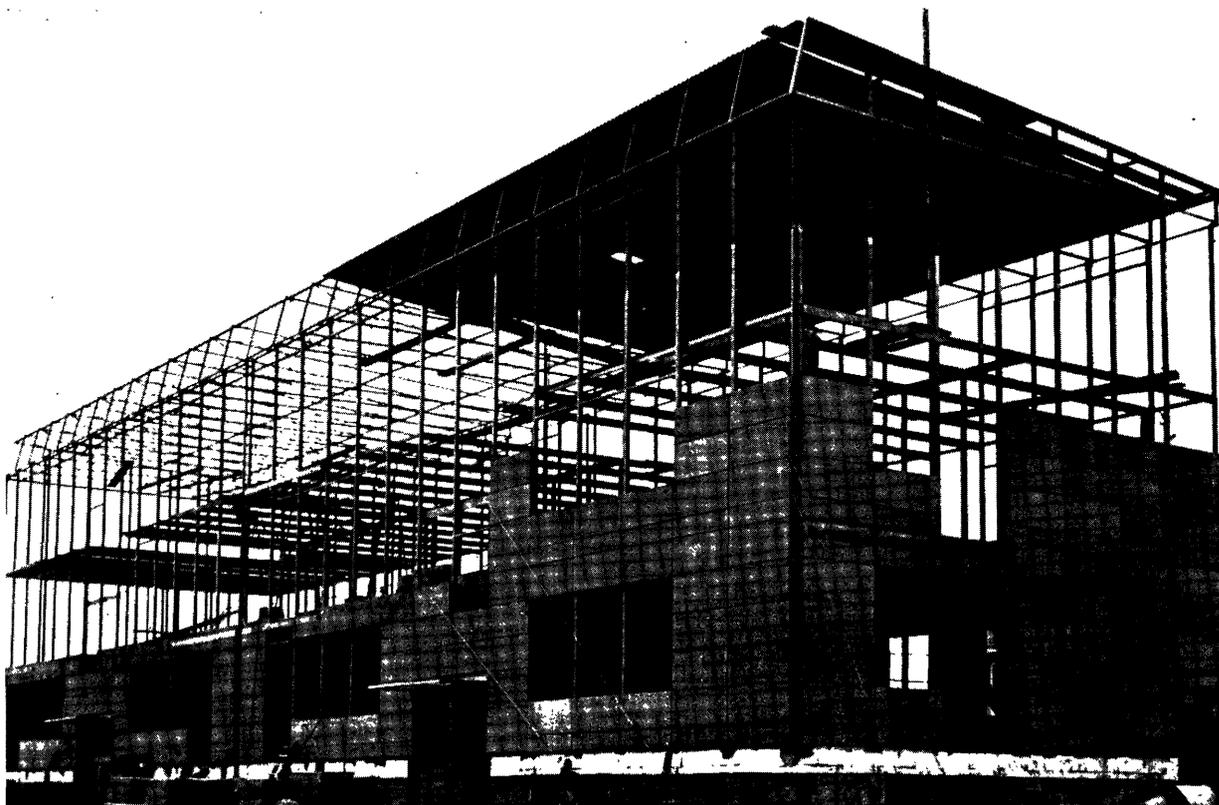


Photo 3 Montage de la couverture — Procédé «Hoesch»

L'ossature est constituée par des portiques transversaux en tôle pliée et soudée. Les lisses de façade et la charpente de la toiture à une seule pente sont également en tôle pliée. Le constructeur a adopté pour l'écartement des portiques, la valeur de 1,20 m pour se conformer aux «directives administratives et techniques» (au lieu de 1,25 m qui respecte le module de 0,125 m des normes allemandes).

Les profilés sont en C soudés avec supports transversaux en L de 70/40/15.

III – France – Chantier de Florange

Procédé Domofer

(Voir dessin 1 et photos 5–6)

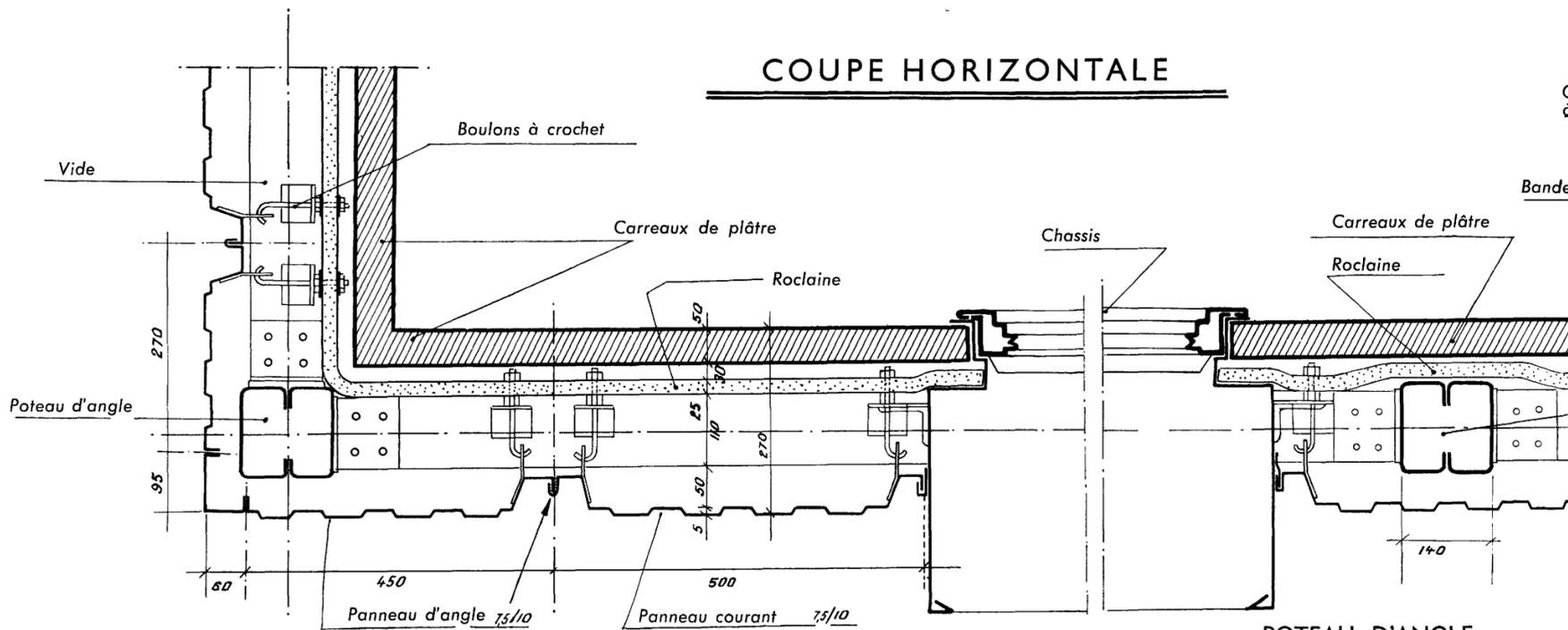
Poteaux

En tôle pliée de 2,25 à 5,75 mm d'épaisseur. Ils ont une section carrée et sont composés de 2 coquilles en U, réunies par soudure continue.

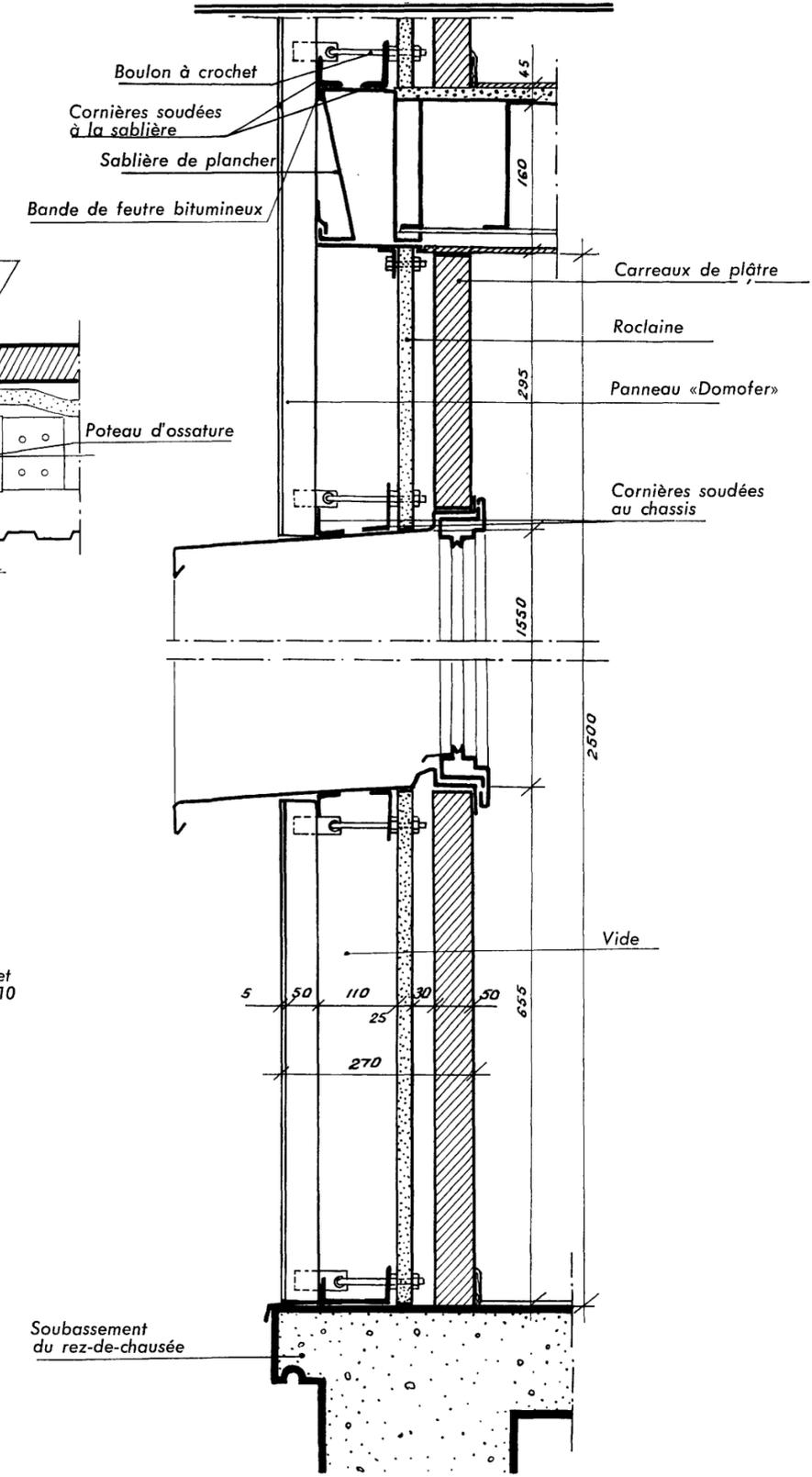
Poutres

En tôle pliée, avec profils divers suivant leur rôle dans la construction (section en forme de I ou de □). D'autres éléments forment des caissons. Les épaisseurs de tôle varient de 1,5 à 4 mm.

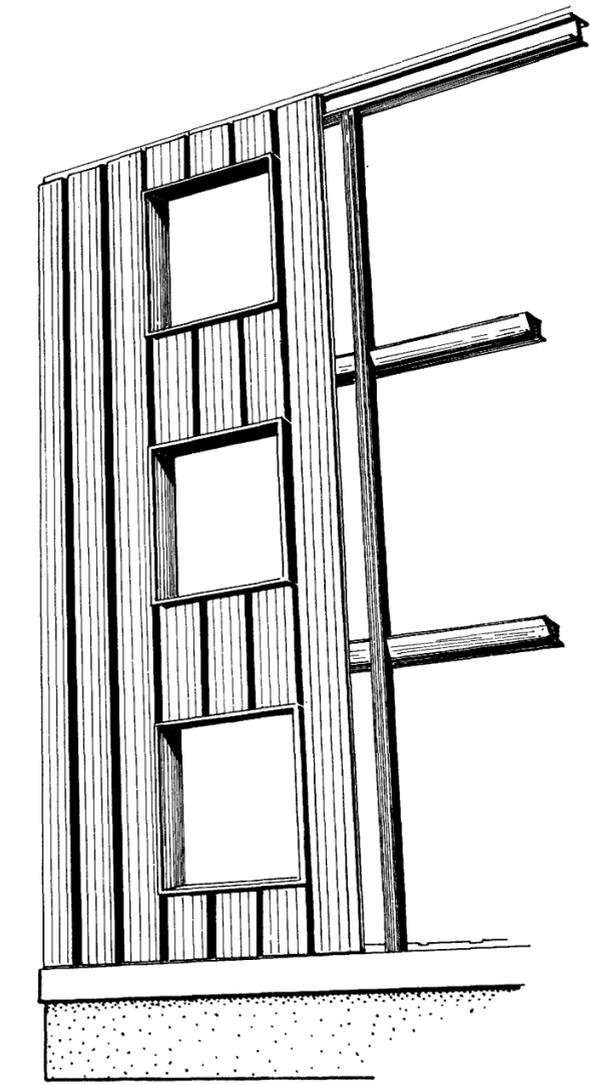
COUPE HORIZONTALE



COUPE VERTICALE

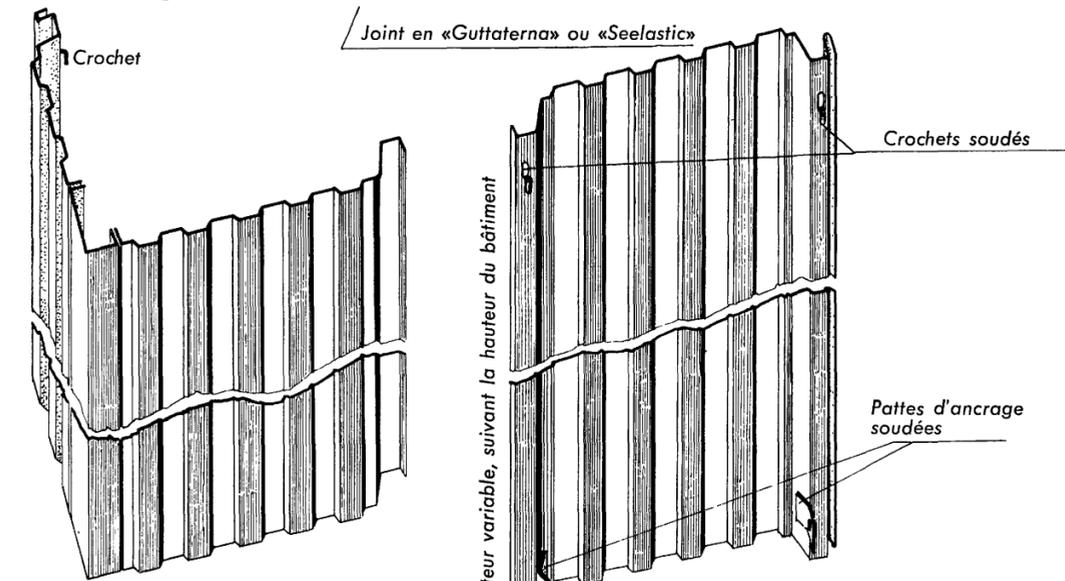


«Domofer»-
Mur rideau

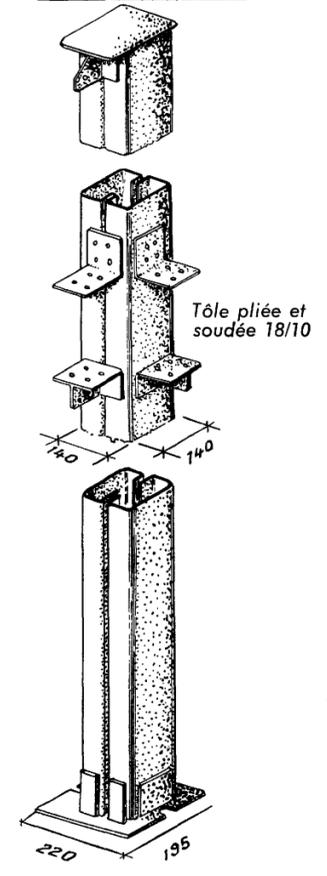


VUE SUR FAÇADE

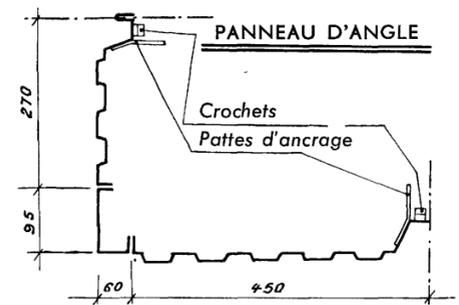
Joint en «Guttaterna» ou «Seelastic»



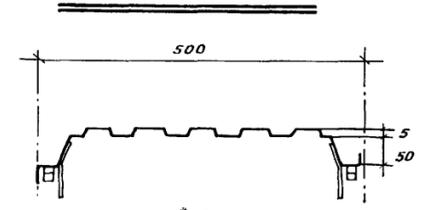
POTEAU D'ANGLE



PANNEAU D'ANGLE



PANNEAU COURANT



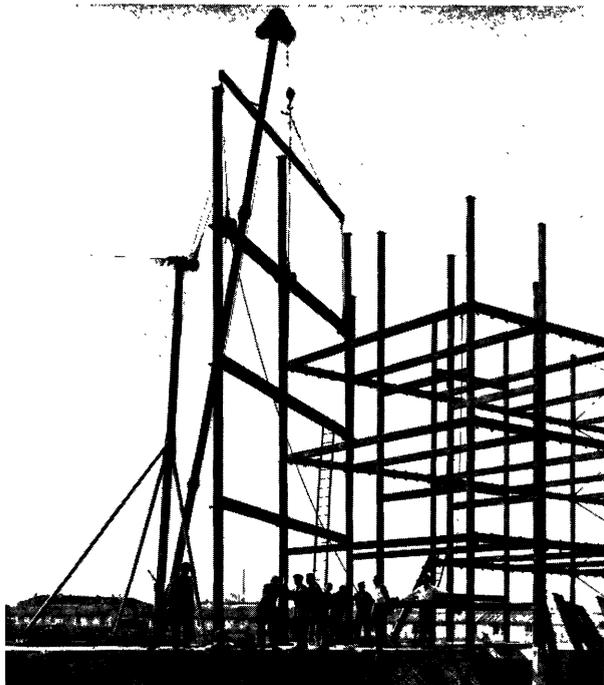


Photo 5 Ossature «Domofer»



Photo 6 Procédé «Domofer»

3.02 Coffrages pour murs porteurs en béton banché

Les applications originales concernent:

- La Belgique (II)
- La France (III)

II – Belgique – Chantiers de Beyne-Heusay, Cuesmes, Marcinelle

Les coffrages du béton banché sont en tôle de 3 mm d'épaisseur. Pour le chantier de Beyne-Heusey, les dimensions des panneaux sont 3,60 x 2,40 m. Ils sont raidis par des poutres composées (voir photo 7). Pour les chantiers de Cuesmes et Marcinelle, les coffrages sont composés par assemblage de panneaux en tôle d'acier de 60 x 240. Ils sont raidis par des longerons U 100 x 50 et tubes d'entretoise 21 x 27.

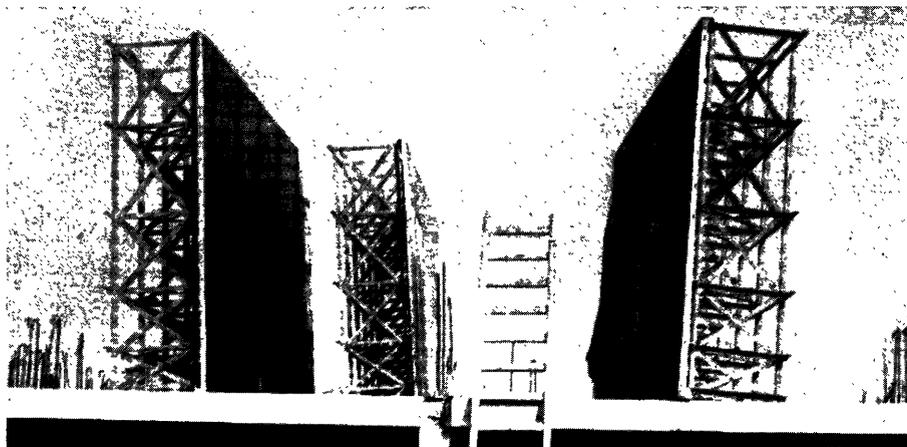


Photo 7 Coffrage, Chantier de Beyne-Heusay

III – France – Chantiers de Longwy, Konacker

Pour ces 2 chantiers, c'est le procédé «Isorapid» qui est employé (voir photo 8).

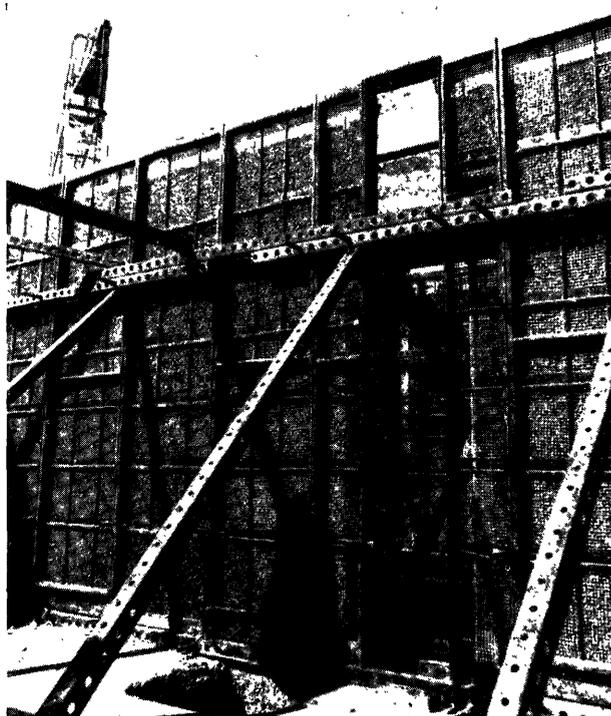


Photo 8

Coffrage Isorapid

Ce procédé permet de couler des murs en béton caverneux, entre banches constituées par des panneaux métalliques légers grillagés, reliés par des raidisseurs, afin d'assurer l'indéformabilité.

Les panneaux métalliques comprennent:

- a) l'ossature en tube de tôle pliée de 20/10 soudée
- b) des raidisseurs en tubes ronds de 15/10 mm
- c) un grillage métallique en fils de 15/10 soudé par points sur l'ossature.

Des panneaux spéciaux et des éléments pleins modulés permettent de réaliser les ouvertures avec leurs feuillures.

3.03 Parois verticales extérieures

Les applications originales concernent:

- La France (III)

III – France – Chantiers de Carmaux, Florange

a) Chantier de Carmaux

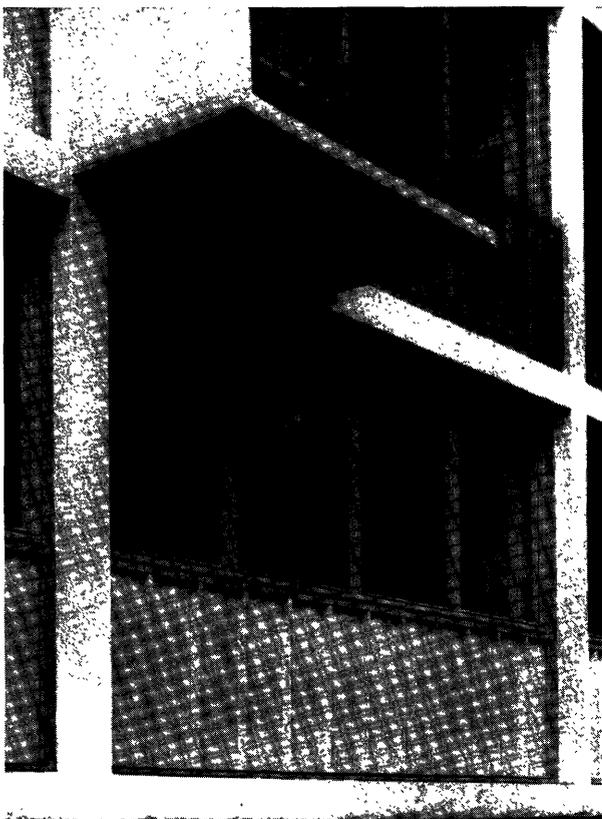
Panneaux type «Elafer» à ossature métallique en tôle de 3 mm profilée à froid. Cette ossature est équipée:

a) dans les allèges d'un bardage «Nervobac» et d'un doublage en panneaux «Isosta» à 2 faces amiante-ciment brutes.

b) Dans les ouvrants de menuiseries métalliques en tôle profilée (Profilafröid).

(Voir photo 9)

Photo 9



Procédé «Elafer»

b) Chantier de Florange

(Voir dessin 1 et photo 6)

L'élément type formant la face extérieure du mur est constituée par une bande en tôle pliée de 75/100 d'épaisseur, raidie dans le sens vertical par pliage profond au droit des joints, et par pliage moins profond en parement. Ces pliages sont exécutés par machine à galets en partant de bandes galvanisées.

La longueur de l'élément peut atteindre 14 mètres

largeur: 0,50 m

poids au mètre courant: 3,8 kg

L'élément présente à la partie supérieure 2 crochets soudés permettant l'accrochage à la sablière de façade au niveau de la terrasse du bâtiment.

Les joints entre 2 éléments sont garnis d'un mastic souple.

3.04 Toitures

Les applications originales concernent

– l'Allemagne (I)

I – Allemagne

a) Chantier de Dortmund

Le procédé «Hoesch» utilise des profils légers en acier en C soudés avec supports transversaux en L 140/40/15.

- b) Chantiers de
- Gelsenkirchen-Buer
 - Gladbeck
 - Gelsenkirchen
 - Höngen
 - Essen
 - Welper

Charpentes en acier du système «Filigran», fournies par la Firme Hoenig. Il s'agit de charpentes métalliques légères constituées par des poutres à treillis parallèles. Les membrures supérieures et inférieures sont des profilés en T de type courant, reliés par des profilés diagonaux ouverts, en acier plié, soudés par points (voir photo en haut de la page 43 ainsi que photo 8, page 325).

Du point de vue statique, les fermes en treillis constituent des systèmes à trois articulations. La poussée horizontale est absorbée par une armature supplémentaire prévue dans le plancher en béton armé du grenier.

Avec ce système de charpente, on peut réaliser les divers modes de couverture traditionnels. Pour les chantiers considérés, la couverture est en tuiles. Les fermettes Filigran ont été livrées avec fourrures en bois fixées par boulons, sur lesquelles sont clouées les lattes, comme cela se fait sur les chevrons en bois. Etant donné que l'écartement de 1,20 m des fermes est supérieur à l'écartement normal des chevrons en bois, cette charpente demande des lattes un peu plus fortes.

En raison de la difficulté d'accéder, après achèvement, à toutes les parties de la charpente, le problème de la protection contre la rouille revêt ici une grande importance. Dans le cas considéré, on a d'abord dérouillé et décalaminé toute la charpente à l'usine, pour la recouvrir ensuite de deux couches de vernis Produvit, qui est une peinture bitumineuse (Protection anticorrosive II, d'après la DIN 4.115).

c) Chantier de Salzgitter

Sur le chantier de Salzgitter, les fermes fabriquées par la Société Adolf Stöterau, atelier de constructions métalliques à Salzgitter-Lebenstedt, sont des poutrelles légères en treillis. Les membrures supérieures sont des tubes en acier, les membrures inférieures et les entretoises sont des ronds en acier. Les charpentes de ce chantier ont été protégées par galvanisation.

3.05 Planchers

Les applications originales concernent:

- La Belgique (II)
- La France (III)
- Les Pays-Bas (V)

II – Belgique

- Pour le chantier de Beyne-Heusay, panneaux de coffrage en tôle de 3,60 m x 9,60 m (permettant de couler le plancher en béton armé) avec raidisseurs, profils acier U et soustendeurs (voir photo 10).
- Pour les chantiers de Cuesmes et Marcinelle, coffrages composés par assemblages de panneaux en tôle d'acier de 3 mm d'épaisseur. Les dimensions des panneaux sont de 60 x 240. Ils sont raidis par des longerons U 100 x 50.

III – France – Chantiers de Konacker, Florange, Saint-Avoid

a) Chantier du Konacker

Plancher type «Davum» comportant des poutrelles préfabriquées composés:

- a) d'une membrure supérieure en feuillard de 2 mm en U,
- b) d'un treillis soudé en fer rond de 6 mm en diagonale,
- c) d'une membrure inférieure, armée de fers ronds de 8 à 14 mm suivant portées et surcharges. Les fers inférieurs et la base du treillis sont enrobés dans une semelle en béton de 100 mm x 40 mm (voir photo 11).



Photo 10 Panneau de coffrage — chantier de Beyne-Heusay



Photo 11 Plancher «Davum»

b) Chantier de Florange

Plancher type «Domofer» comportant des solives en U à ailes inégales en tôle pliée de 15/10 épaisseur. L'U a une membrure supérieure de 360 mm et une membrure inférieure de 30 mm réunies par une âme de 160 mm de hauteur.

c) Chantier de Saint-Avold

Plancher type «BH» comportant un treillis en ronds à béton soudés.

La membrure supérieure est un rond unique.

La membrure inférieure est formée par une série de ronds soudés sur des barrettes transversales.

Les ronds du treillis sont inclinés à 45° et soudés aux membrures.

La membrure inférieure est préenrobée dans une semelle en béton de 4 cm x 9,5 cm.

V – Pays-Bas – Chantier de Heemskerk

Plancher type «Omnia»

Ce plancher comprend des poutrelles préfabriquées, se présentant sous forme d'un système à treillis dont la semelle inférieure est enrobée dans du béton. L'armature de ce plancher est constituée à l'aide d'un feuillard façonné, estampé et déployé de façon spéciale pour constituer, à la fois, deux membrures inférieures, une membrure supérieure et les croisillons d'une poutrelle à treillis.

Le feuillard en acier doux est laminé à chaud, profilé à froid, puis estampé. Le profilé ainsi façonné est vendu aux préfabricants à l'état plat. Il est ensuite coupé à la demande et déployé. On obtient ainsi un treillis en une seule pièce sans soudure, ni autre moyen d'assemblage.

Pour la fabrication des poutrelles, les membrures inférieures sont reliées par des agrafes qui permettent de fixer, s'il y a lieu, des aciers ronds de renfort.

(Voir photo 12)

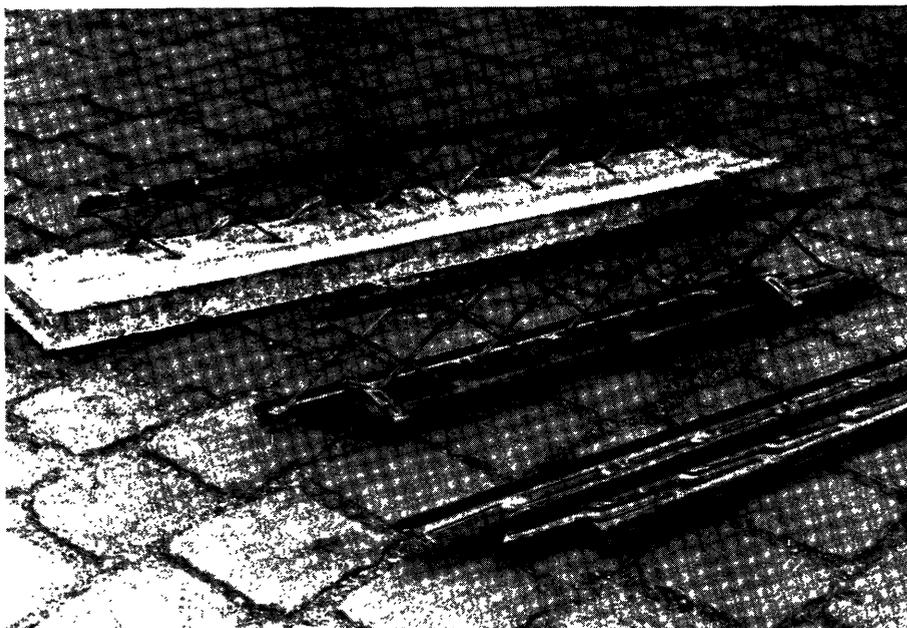


Photo 12

Plancher «Omnia»

3.06 Escaliers

Les applications originales concernent:

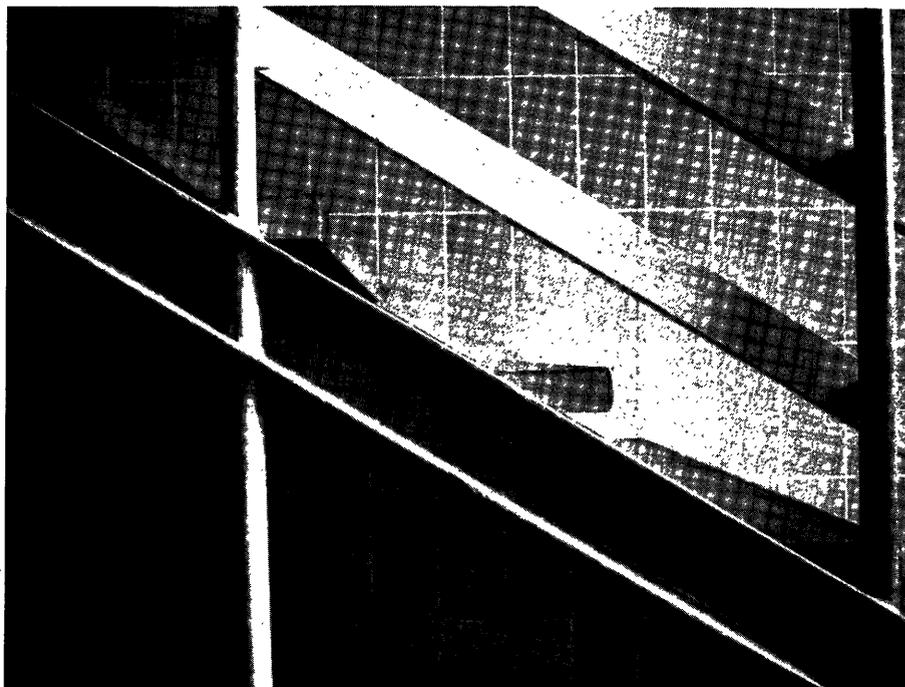
- l'Allemagne (I)
- la France (III)

I – Allemagne – Chantiers de Dortmund et de Salzgitter

En Allemagne, la réglementation interdit, pour les immeubles d'habitation, les escaliers en acier, s'ils ne sont pas habillés efficacement pour assurer leur protection contre l'incendie. Mais cet habillage peut rendre ces escaliers moins économiques que ceux construits suivant d'autres procédés. Néanmoins, dans la province de Basse-Saxe et en particulier, dans la ville de Hanovre, on trouve parfois aujourd'hui des escaliers en acier, sans habillage, ce qui est justifié par le bon comportement des escaliers en acier au cours des incendies pendant la guerre. C'est pourquoi, à Salzgitter on a pu, sans grande difficulté, à titre d'essai, construire un escalier en acier. Cet escalier se compose de deux limons en profilés d'acier en U, sur la face interne desquels sont soudés des équerres pour le support des marches. Les marches sont en bois et ont un revêtement en plastique. Le plafond rampant est constitué par un habillage en frises rainées bouvetées. (Voir photo 13)

De même, des escaliers en acier ont été construits à Dortmund, dans les immeubles réalisés avec le procédé Hoesch. Il s'agit ici d'escaliers à limons en tôle d'acier préfabriqués en usine, avec des marches en pierre artificielle qui sont posées, à bain de mortier, sur la tôle d'acier. Les contremarches et les faces inférieures sont peintes au minium et reçoivent ensuite une peinture décorative. Ici non plus, une protection particulière contre l'incendie n'a pas été exigée.

Photo 13



Escalier — Salzgitter

III – France – Chantier de Florange

La volée entre 2 étages est préfabriquée, elle est constituée par:

- a) les marches et contremarches en tôle de 2 mm d'épaisseur;
- b) les 2 limons, profilés en U en tôle de 15/10 mm d'épaisseur.

Les assemblages se font par soudure.

(Voir dessin 2 et photo 14)

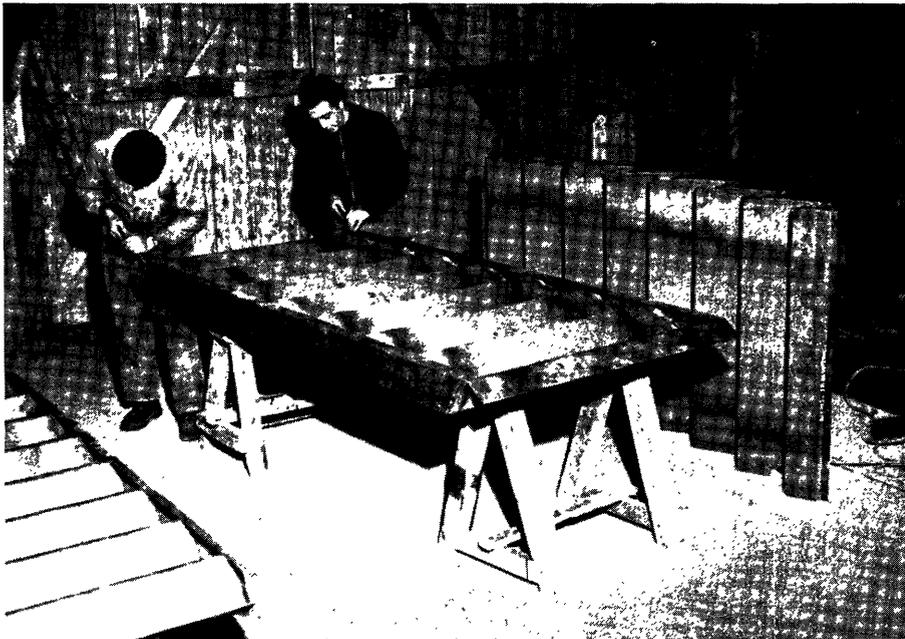
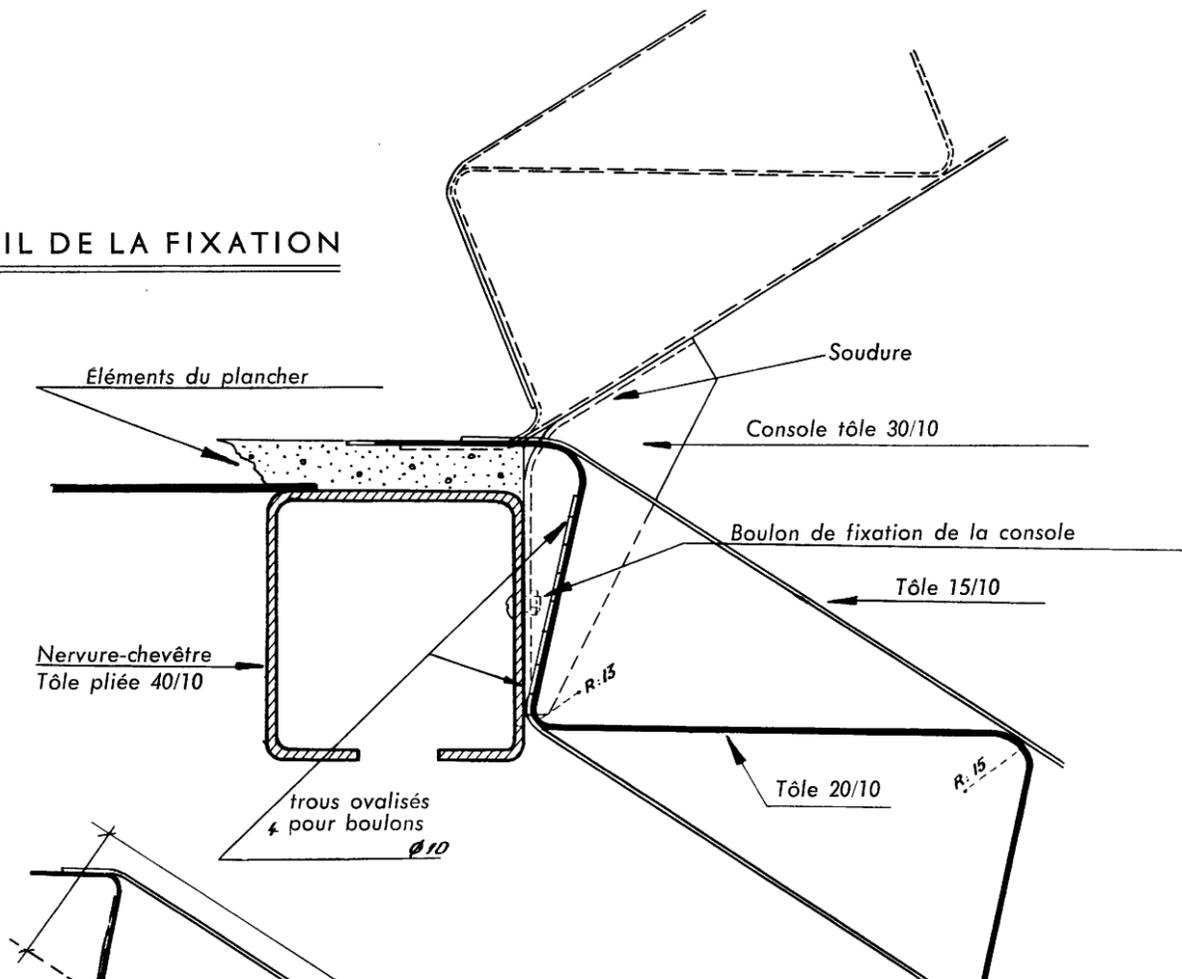


Photo 14

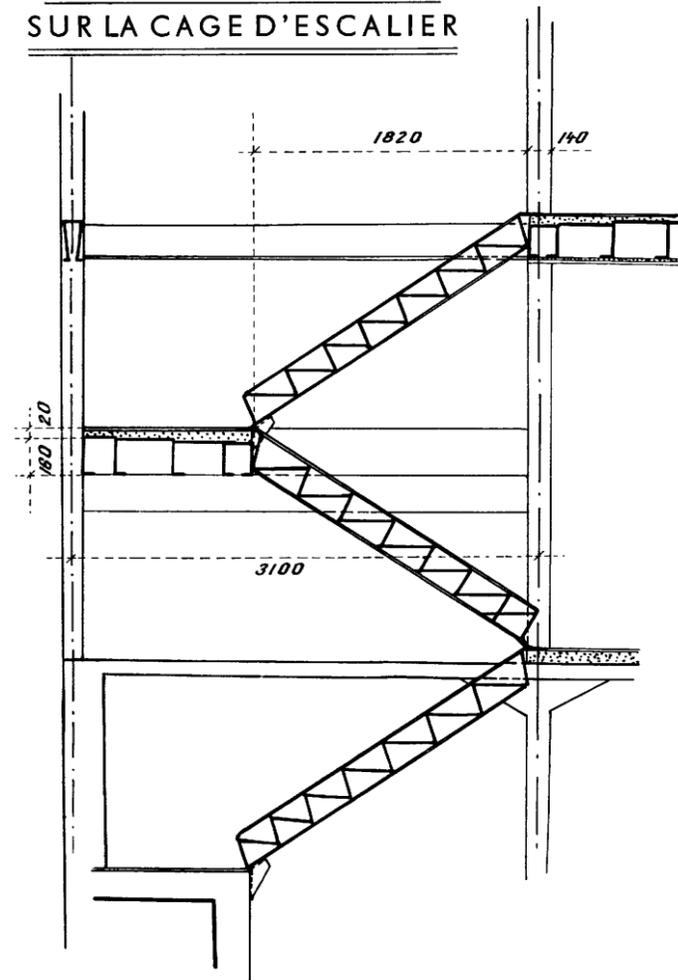
Escalier «Domofer»

«Domofer» Escalier

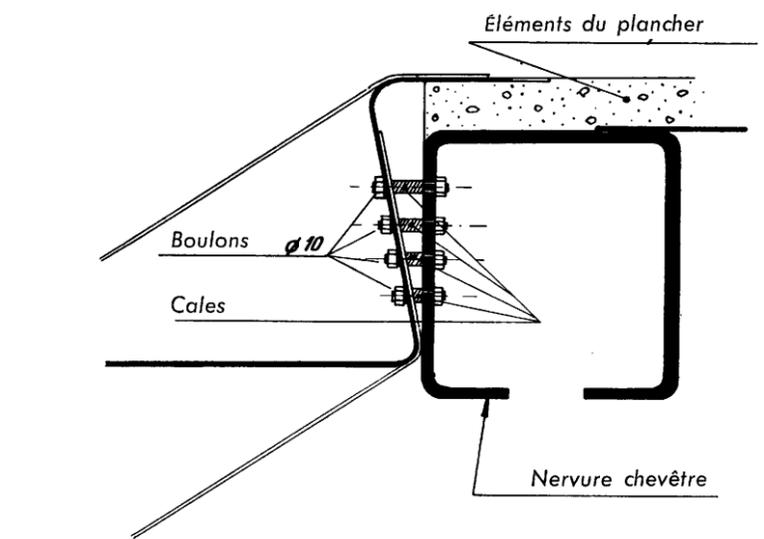
DÉTAIL DE LA FIXATION



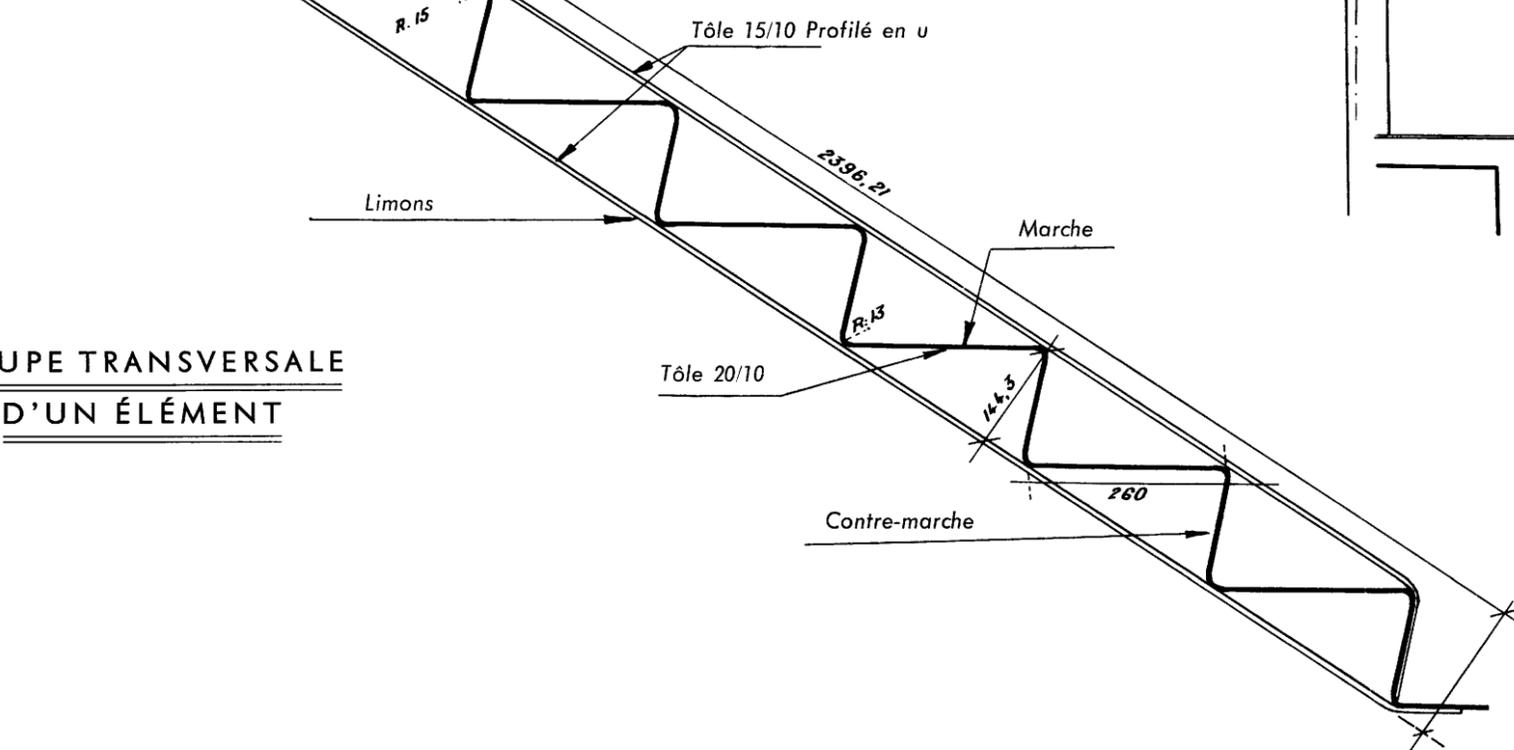
COUPE SCHEMATIQUE
SUR LA CAGED'ESCALIER



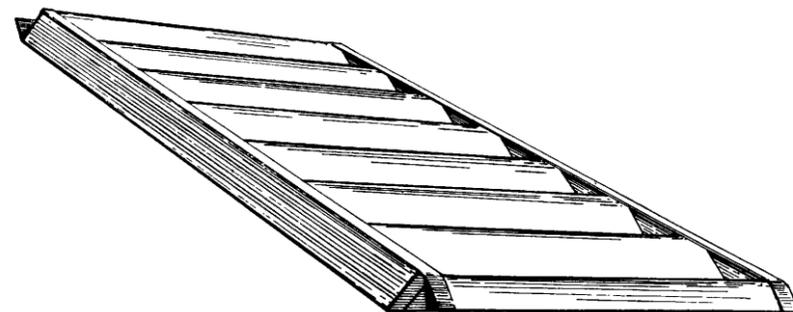
DÉTAIL DE FIXATION
DE LA PARTIE SUPÉRIEURE
À LA NERVURE-CHEVÊTRE



COUPE TRANSVERSALE
D'UN ÉLÉMENT



VUE PERSPECTIVE D'UN ÉLÉMENT DE VOLÉE D'ESCALIER



3.07 Menuiseries extérieures

Les applications originales concernent:

- l'Allemagne (I)
- la France (III)
- l'Italie (IV)

I – Allemagne

Fenêtres en profilés spéciaux laminés à chaud

En Allemagne, il existe des séries des profilés laminés à chaud, spéciaux pour la menuiserie en acier. Ces profilés font l'objet des normes allemandes DIN 4440 à 4450. Dans cette série de normes les profilés plus spécialement destinés aux fenêtres des logements sont ceux des normes 4443, 4444, 4448 et 4450. Les vitres sont posées soit à bain de mastic, soit avec des parclose.

A l'aide de ces profilés, on peut réaliser soit des fenêtres à simple vitrage, soit des fenêtres à double vitrage (Verbundfenster) dans lesquelles les vantaux sont doubles et portent chacun leur vitrage. Ces vantaux sont normalement solidarités, mais peuvent être désolidarisés pour le nettoyage des vitres. On peut également munir ces fenêtres de vitrages isolants spéciaux à vitres doubles ou multiples (par exemple Cudo-Doppelscheiben ou Thermopan-Mehrscheiben-Isolierglas). Ces fenêtres peuvent comporter des modes de fermeture variés: vantaux pivotant autour d'un axe vertical situé le long d'un montant de rive (dit en français fenêtre «à la française»), fenêtres pivotantes, fenêtres à soufflet, fenêtres basculantes, etc.

En Allemagne, les fenêtres sont souvent munies de ferrages spéciaux qui les rendent à la fois pivotantes et à soufflet, c'est-à-dire qu'elles peuvent être ouvertes soit par rotation autour d'un axe vertical situé le long d'un montant de rive ou par rotation autour d'un axe horizontal situé le long de la traverse basse (Drehkipplügel).

Ce sont des fenêtres de ce type qui ont été mises en place dans les chantiers de: Gelsenkirchen-Buer; Gladbeck; Gelsenkirchen; Höngen. Ces fenêtres construites à l'aide de profilés normalisés peuvent être considérées, comme traditionnelles.

Fenêtres en profilés de tôle pliée

Il n'en est pas de même des fenêtres constituées par des profilés en tôle d'acier pliée à froid, qui ne font pas encore l'objet de normes. Ce sont des fenêtres de ce type qui ont été posées dans les chantiers de Dortmund, Moers, Essen, Welper, Salzgitter. Elles sont semblables à celles décrites ci-après pour la France (système «TAG»).

Chantier de Dortmund

Fenêtres de la société Mauser (Mauser-Werke à Cologne-Ehrenfeld). Il s'agit de fenêtres dont les bâtis dormants et les châssis ouvrants sont constitués de profils creux à double battement, analogues aux profilés français «TAG».

Chantier de Moers

Fenêtres du système Novoferm fabriquées par la société Isselwerk GmbH. Ce système est caractérisé par le fait que le double contact entre le profilé du dormant et le profilé du châssis ouvrant

est réalisé par un double décrochement assurant une très bonne étanchéité de la chambre de décompression. La vitre est maintenue par un profil spécial formant parclose extérieure et en même temps jet d'eau, et cette parclose est elle-même serrée contre le châssis par un profil en U formant cavalier à la fois sur un relevé constitué par la tôle du châssis et une aile du profilé de la parclose.

Cette parclose extérieure et ce profilé en U intérieur sont tous deux en métal léger.

Chantier d'Essen, de Welper et de Salzgitter

Fenêtres en profilés creux fabriquées par la société Kaether.

III – France – Chantier de Florange

Les menuiseries emploient les profils «TAG».

L'ensemble de la fenêtre est constitué par:

- Cadre dormant: profilés tubulaires assemblés par soudure,
- Châssis ouvrants: autres profils tubulaires munis de rayures longitudinales pour améliorer l'accrochage du mastic,
- Pièce d'appui: Profil en feuillard d'acier avec talons en tôle, soudés aux extrémités,
- Crémone: la tringle coulisse à l'intérieur du montant tubulaire percé à ses deux extrémités pour permettre le passage.



Photo 15

Menuiserie «TAG»

Les matériaux employés sont:

- Galvatôle (procédé «Sendzimir») de 8/10 (dormant et ouvrant)
 - Feuillard d'acier 17,5/10 mm (pièce d'appui)
 - Zamac coulé sous pression
 - Zamac chromé
 - Acier étiré
 - Acier laminé
 - Laiton
- } crémone
- } paumelles

(Voir photo 15)

IV – Italie – Chantier de Milan-Forlanini

Il s'agit d'un bloc-fenêtre, en tôle d'acier laminée à froid et galvanisée (procédé Sendzimir).

Le bloc comprend les parties suivantes:

- Un bâti dormant en tôle d'acier galvanisée formant intrados et servant de dispositif de guidage du volet roulant;
- Un caison masquant le volet roulant, avec panneau extérieur réglable, panneau intérieur démontable pour la visite du mécanisme, et emplacement pour l'installation de l'élément d'éclairage;
- Les supports pour les rideaux;
- Les vantaux en profilés de tôle d'acier galvanisée (profil tubo Secco) avec vitres transparentes;
- Un panneau inférieur opaque;
- Un rouleau avec volet roulant en bois et les divers accessoires.

L'allège est constituée par un panneau comprenant à l'extérieur un revêtement en «pétralit glasal» et à l'intérieur une couche isolante en «Alcalorit» et une dalle en fibrociment revêtue de vernis à l'eau.

Le bloc est mis en œuvre entièrement monté dans toutes ses parties et verni à l'étuve, vitres montées.

Il est complété par l'élément chauffant (radiateur à plaque en acier verni à l'étuve).

Au-dessus du radiateur se trouve une console, fixée au châssis de la fenêtre et portant des fentes expressément prévues pour faciliter la circulation de l'air.

Les tuyaux de circulation du fluide chauffant passent par des trous expressément pratiqués à l'usine dans le bâti.

Les fixations sont scellées dans la maçonnerie de la baie, avant la pose de la fenêtre, au moyen de gabarits reproduisant la portion intéressée de l'épaulement du châssis et permettant le positionnement exact des fixations en vue de la pose du bloc.

Il a été estimé en outre opportun d'incorporer à un certain nombre de fenêtres les éléments d'éclairage de fond et les canalisations destinées à recevoir les conducteurs électriques. Cela comporte, évidemment, la pose de l'installation électrique dans la plinthe, avec prises locales à chaque mètre.

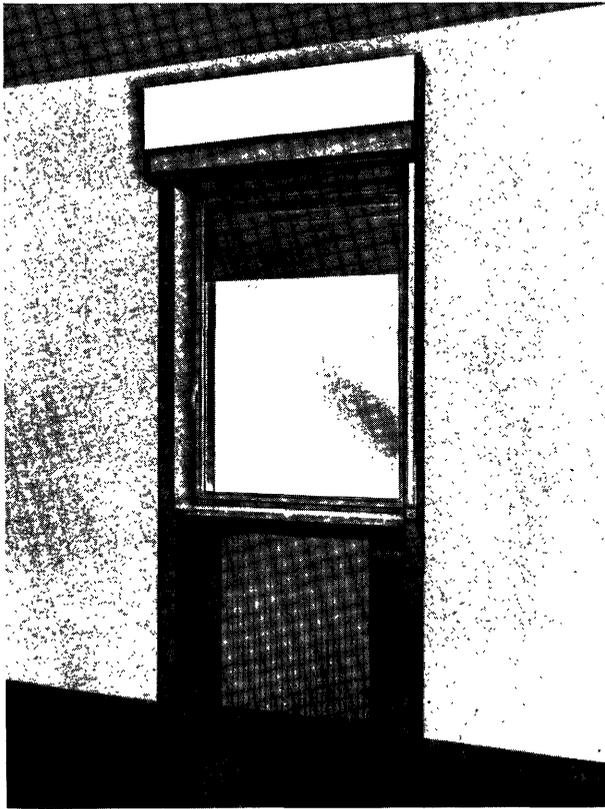


Photo 16

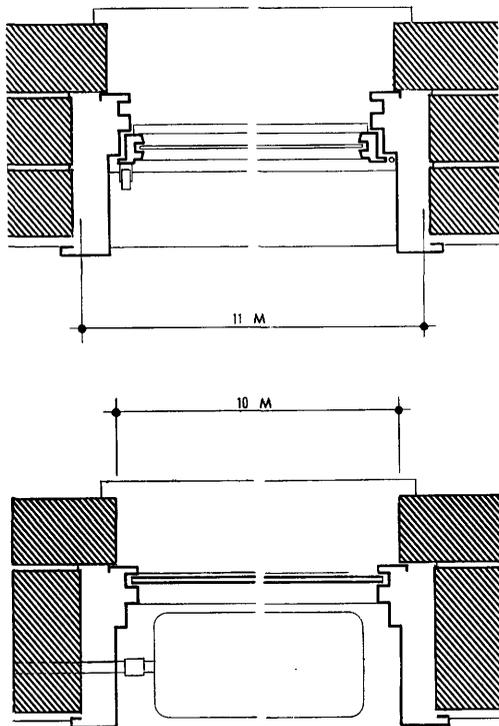
Bloc-fenêtre

Dimensions et types

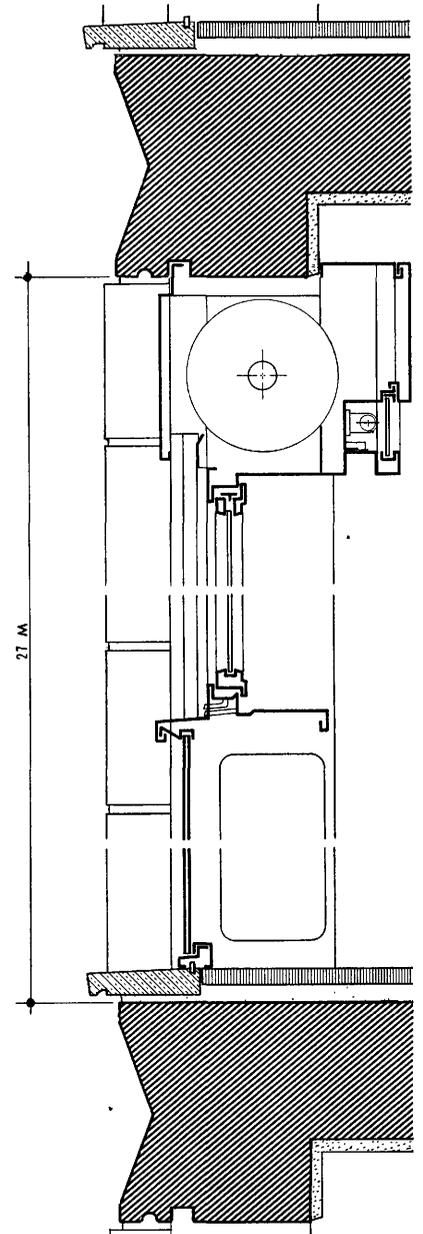
- a) Châssis de fenêtre de 1 m x 2,70 m, à un vantail s'ouvrant sur gonds et panneau inférieur opaque;
- b) châssis de fenêtre pour balcons de 1,50 m x 2,70 m, résultant de la combinaison d'une porte vitrée, s'ouvrant sur gonds, et d'une fenêtre à un vantail s'ouvrant sur gonds, avec panneau inférieur opaque.

Au rez-de-chaussée surélevé, vu l'absence de balcons, le bloc-fenêtre comprendra deux vantaux s'ouvrant sur gonds et un panneau inférieur fixe.

(Voir dessin 3 et photo 16)



Dessin 3



Bloc-fenêtre — Chantier Milan-Forlanini

3.08 Huisseries et bâtis

Dans plusieurs pays de la Communauté, les huisseries et bâtis font l'objet de normes et peuvent donc être considérés, lorsqu'ils sont conformes aux normes, comme des éléments de construction traditionnels. C'est ainsi qu'en Allemagne, les huisseries et bâtis font l'objet de la DIN 18111 et qu'en France, on a les normes suivantes:

P 24-401 – Profilés en tôle pliée ou en feuillard formé aux galets pour huisseries et bâtis;

P 24-403 – Huisseries en tôle pliée ou en feuillard formé aux galets;

P 24-404 – Bâtis et contrebâtis en tôle pliée ou en feuillard formé aux galets.

Il y a lieu de noter qu'en France, les huisseries ne sont prévues que pour des cloisons de 15 cm au plus d'épaisseur. Pour des murs plus épais, on utilise des bâtis et contrebâtis.

Au seuil, les huisseries et bâtis sont encastrés d'environ 30 mm dans le plancher; ils sont reliés par un feuillard ou une cornière.

Les normes allemandes et françaises prévoient divers modes de calfeutrement, soit 2 ou 3 amortisseurs de choc en caoutchouc encastrés dans le dormant, soit un calfeutrement sur la totalité de la longueur des feuillures.

Des calfeuttements spéciaux peuvent être prévus pour assurer une isolation phonique particulière: cordons en caoutchouc, bandes en chlorure de polyvinyle ou en feutre. A la partie inférieure, on peut améliorer l'isolation phonique à l'aide de seuils sur lesquels viennent éventuellement buter des ressorts en tôle fixés sous la traverse basse de la porte.

Dans les chantiers allemands du deuxième programme, les portes sont du type à recouvrement sauf sur les chantiers de Mörs et d'Essen-Frintrop. Dans ce type de porte, le recouvrement, ne doit pas venir au contact de l'huissierie ou du bâti. La butée s'effectue sur l'arrière de la feuillure où sont appliqués les amortisseurs du calfeutrement nécessaires.

3.09 Couverture

Les applications originales concernent:

- l'Allemagne (I)
- la France (III)
- l'Italie (IV)

I – Allemagne – Chantier de Moers

La couverture est réalisée par des tuiles en acier galvanisé de 0,63 mm d'épaisseur. Profil III, avec tôles spéciales pour le faîtage et les rives.

Avant montage, ces tuiles sont recouvertes sur leurs faces interne et externe d'une peinture spéciale de protection. Après montage la couverture reçoit en outre une peinture (Lindolin).

III – France

a) *Chantier de Longwy*

Bacs autoportants des Hauts Fourneaux de la Chiers.

Plaques de tôle galvanisée comportant dans le sens longitudinal des ondulations principales de 29 mm de hauteur, formant des bacs et des petites nervures intermédiaires. Elles comportent, dans le sens transversal aux extrémités entre les ondes, de petites nervures dont l'objet est d'accroître la rigidité des plaques, d'aérer le joint et d'assurer une étanchéité aux poussières ainsi que d'éviter les remontées d'eau par capillarité.

Caractéristiques dimensionnelles

- 3 épaisseurs de tôle 6,3/10 – 7,5/10 – 8,8/10
- 4 longueurs 1,75 m – 2,00 m – 2,50 m – 3,00 m.

(Voir dessin 4)

b) *Chantier de Carmaux*

Bacs autoportants «Nervobac»

Cette couverture est constituée par des éléments nervurés sur leurs deux côtés longitudinaux, suivant profils spéciaux permettant l'emboîtement des plaques les unes dans les autres.

Fabrication

Les éléments sont fabriqués sur machine à galets, à partir de bandes d'acier galvanisées à chaud (procédé «Sendzimir»).

La largeur des éléments est de 330 mm.

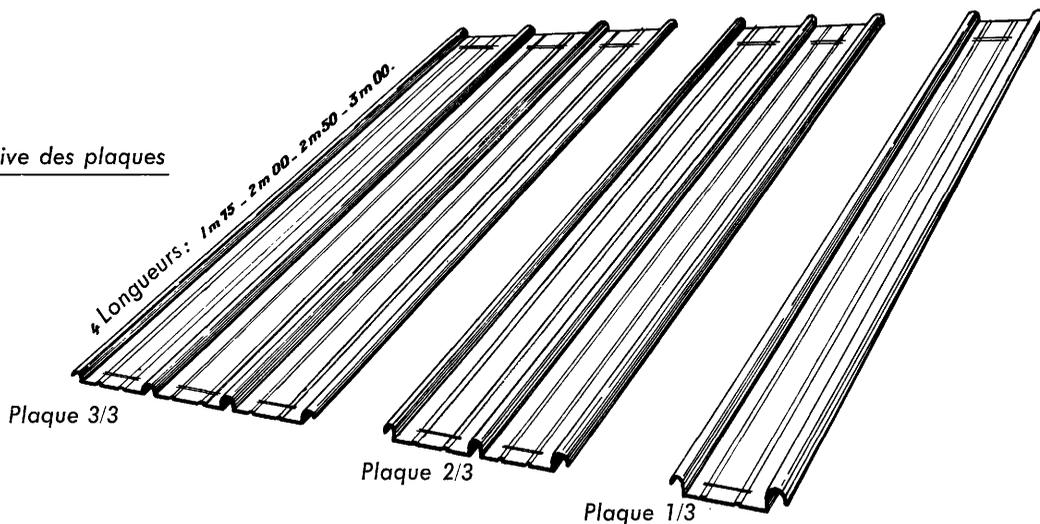
La fixation des éléments «Nervobac» sur les pannes est assurée par crochets filetés avec plaques de fixation.

Les éléments «Nervobac» permettent de réaliser des couvertures à faible pente.

(Voir dessin 5)

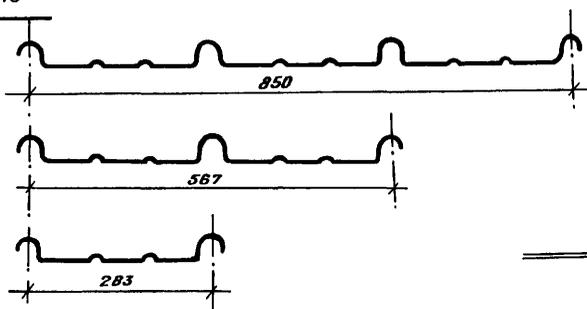
Couverture type hauts fourneaux de la Chiers

Vue perspective des plaques

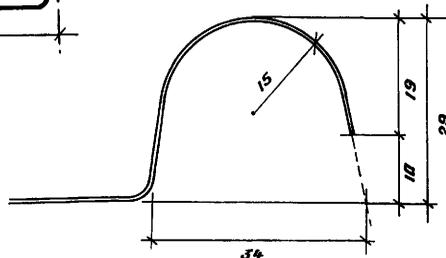


Coupe transversale

4 épaisseurs de tôle:
6,3/10 - 7,5/10 - 8,8/10 et 10/10

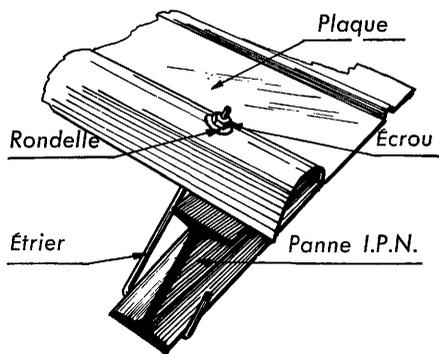
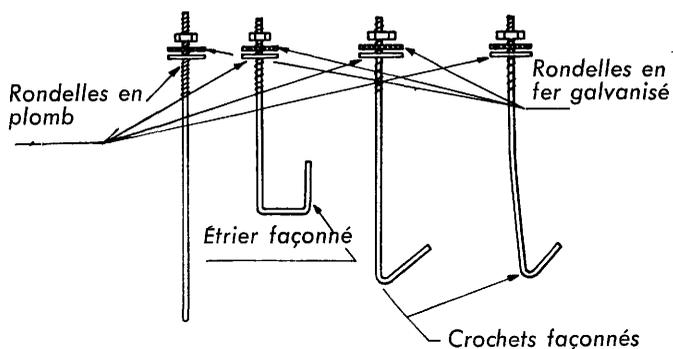


Profil d'une onde



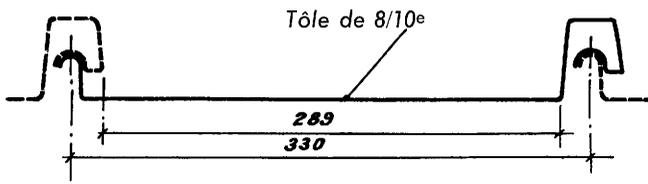
Fixation sur charpente métallique

Écrous en fer galvanisé

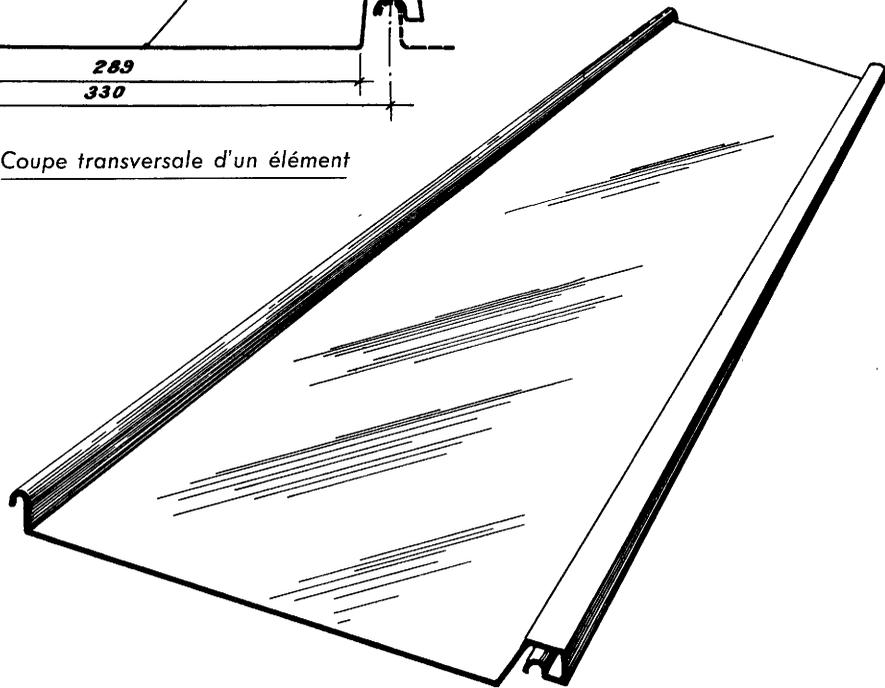


Détail de fixation

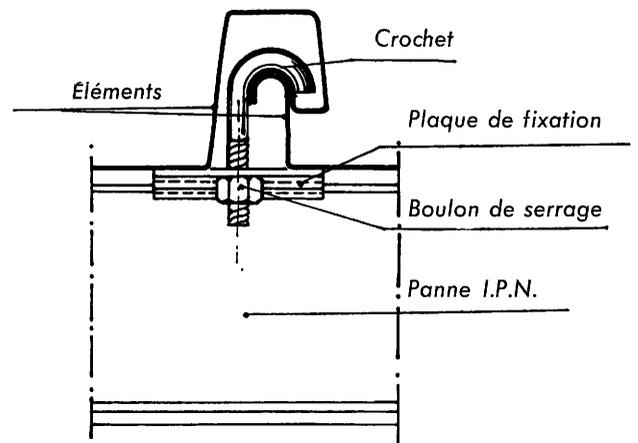
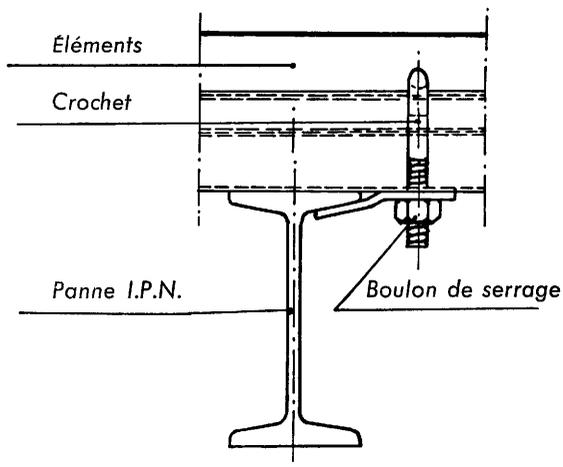
Couverture type «Nervobac» Fabrication Profilafroid



Coupe transversale d'un élément



Vue perspective d'un élément



Détail de fixation sur panne I.P.N.

IV – Italie – Chantier de Milan-Forlanini

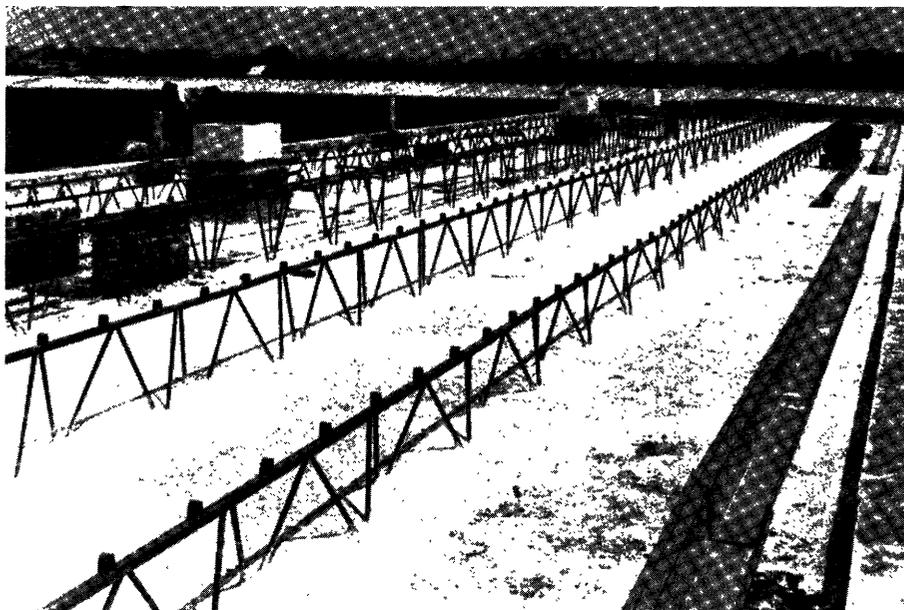
Procédé «Alusic»

Il comprend des éléments en tôle, épaisseur 6/10 laminée à froid et galvanisée (procédé «Sendzimir»).

Éléments continue – largeur: 80 cm à 3 nervures.

(Voir photo 17)

Photo 17



Procédé «Alusic»

3.10 Chauffage

Les applications pouvant être réputées nouvelles concernent:

- la France (III)

III – France – Chantier de Konacker

Les convecteurs «Runtal» sont formés de 1-2 ou 4 tubes d'acier à section rectangulaire dans lesquels circule un fluide chauffant (eau chaude).

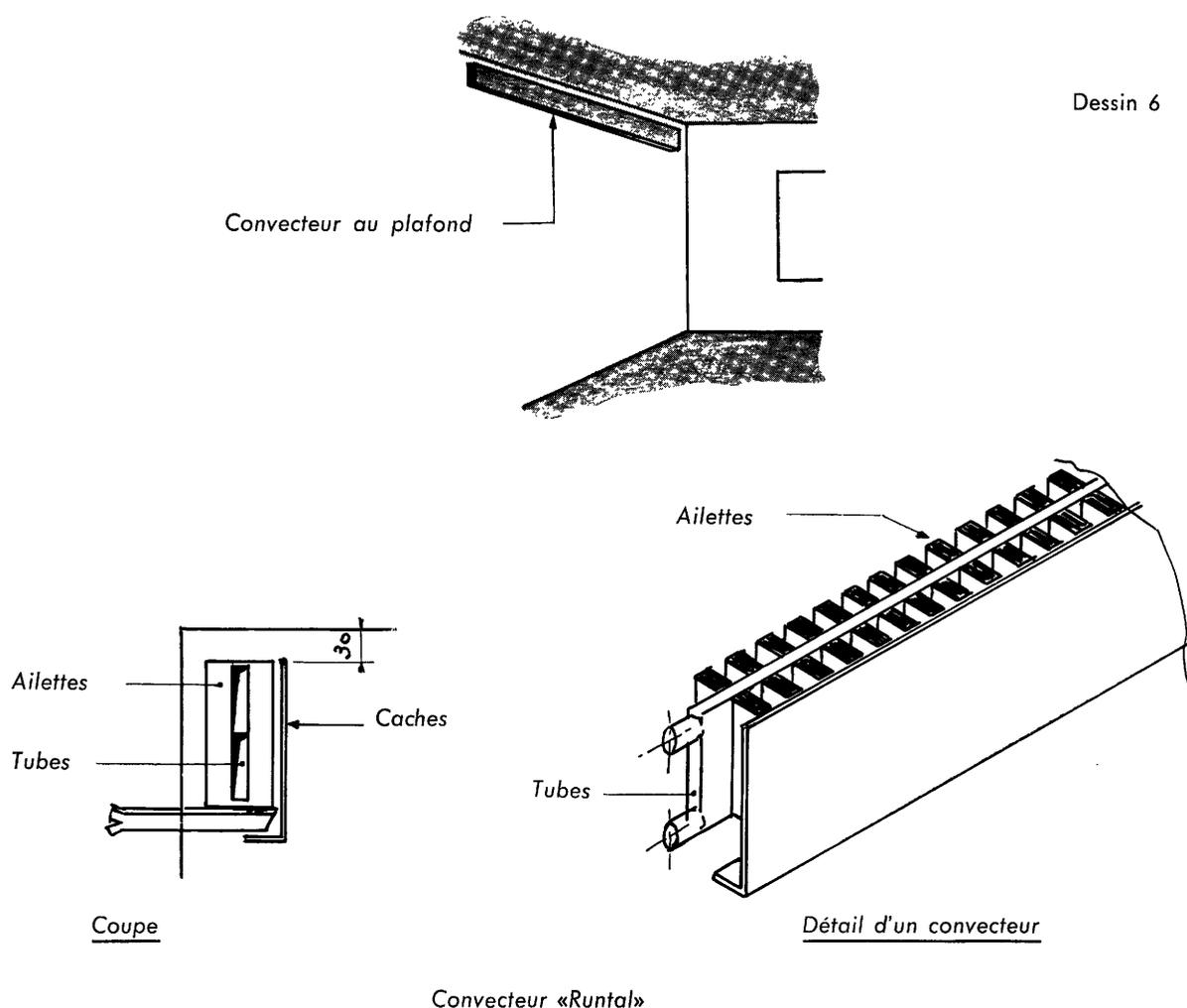
Des ailettes rectangulaires sont fixées aux tubes par soudures électriques.

Elles ont au maximum 28 cm de hauteur et 7 cm de largeur.

Le convecteur «Runtal» peut être monté nu sur des consoles. Il peut également être placé dans un encastrement, ou dissimulé par un cache-convecteur.

Les convecteurs placés entre les murs et très légèrement en-dessous du plafond chauffent les locaux par rayonnement. Ils entretiennent au contact de celui-ci une couche d'air chaud. La sur-

face du plafond est ainsi portée à une température suffisante pour radier vers le sol la quantité de chaleur nécessaire au chauffage du local (voir dessin 6).



Convecteur «Runtal»

3.11 Équipement sanitaire et ménager

Les applications originales concernent:

- la Belgique (II)
- l'Italie (IV)

II – Belgique – Pour les 3 chantiers du programme:

L'équipement ménager est groupé dans un bloc de dimensions nominales: 1,80 x 0,60 x 0,90 m occupant donc en plan 3 carrés au module de 0,60 m.

Ce bloc comporte:

- 1) La tablette générale composée d'une partie perforée de 4 emplacements brûleurs-gaz, une table de travail et deux cuvettes d'évier. Elle est exécutée en tôle d'acier inoxydable 18/8; d'une épaisseur de 1 mm.

- 2) La cuisinière au gaz- qui comprend 4 brûleurs (de 600 l/h à 1000 l/h), 1 four (12 l/h) et 1 grille (800 l/h). Le four est calorifugé et les gaz brûlés du four sont évacués par le dosseret.
- 3) L'armoire frigorifique – d'une capacité de 135 l est composée d'une enveloppe en tôle d'acier entièrement étanche et contenant l'isolant thermique et d'une porte en tôle d'acier émaillé vitrifié. Le dispositif de production de froid est un compresseur électrique.
- 4) Le chauffe-eau distributeur instantané au gaz de ville est placé dans l'armoire en tôle d'acier vitrifié sous l'évier. L'appareil est conçu pour élever de 25° C par minute la température de 6 litres d'eau froide.

Évacuation des gaz brûlés par raccordement à un conduit de ventilation.

L'ensemble du bloc-ménager repose sur une série de vérins permettant d'en rétablir l'horizontalité. Les plinthes sont amovibles et fixées par clips.

La robinetterie, les canalisations d'alimentation et d'évacuation en eau, les canalisations de gaz sont également incorporées dans ce bloc (voir photo 18).

Photo 18



Bloc-ménager

IV – Italie – Chantier de Milan-Forlanini

Bloc-technique en acier galvanisé («Pozzi» – Brevet «Togni»). Le bloc, construit en usine, est constitué par un châssis en profilé de fer à l'intérieur duquel sont groupés:

- un tronçon de colonne verticale de décharge desservant le groupe, avec branchements correspondant aux divers appareils sanitaires,
- un tronçon de colonne d'aération avec branchements correspondant aux divers appareils,
- un circuit d'amenée d'eau avec robinets d'arrêt,
- des robinets de débit,

- les prises des appareils sanitaires montés sur le bloc,
- des siphons visitables et poumon anti-coup de bélier.

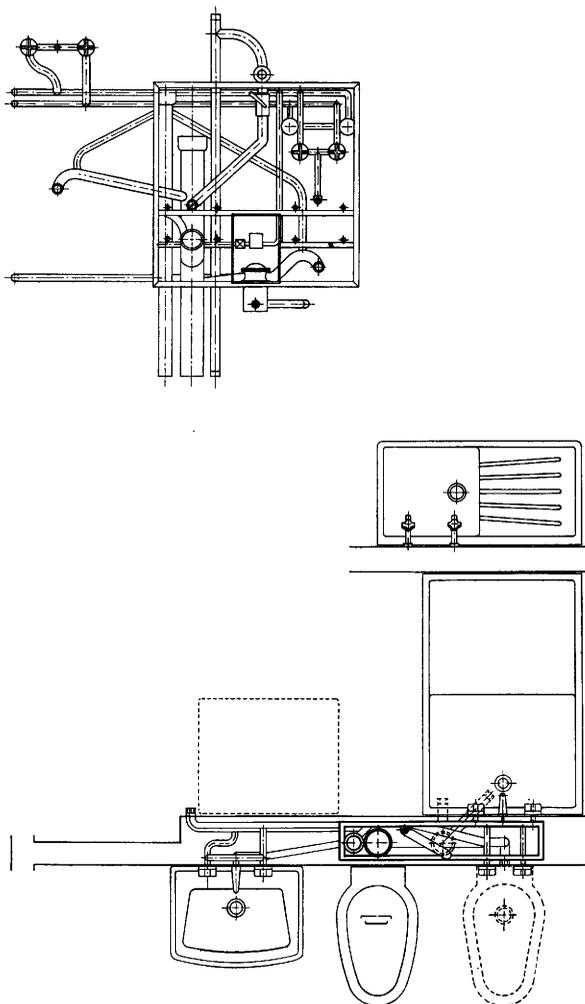
Tous les raccordements verticaux et horizontaux, les siphons, etc. . . sont construits en acier galvanisé à chaud à l'intérieur et à l'extérieur.

Les appareils fournis sont les suivants: bac W.C. du type suspendu, lavabo 58 x 44 cm, évier 90 x 45, baignoire 110 x 70 cm.

On a prévu les prises pour le bidet, le chauffe-eau et la machine à laver, qui seront installés par chaque locataire.

(Voir dessin 7 et photo 19)

Dessin 7



Bloc-technique

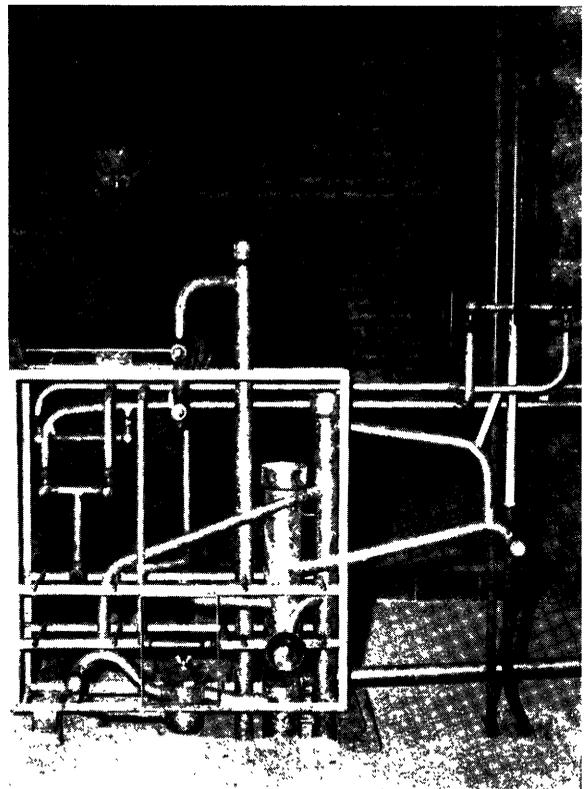


Photo 19 Bloc-technique

4. Considérations sur les emplois de l'acier sur les chantiers du deuxième programme

Les instituts se sont efforcés de recueillir des renseignements d'ordre technique et économique en vue de tirer des conclusions concernant l'utilisation d'éléments en acier dans les chantiers de leur pays.

Mais s'il leur a été relativement facile d'obtenir des renseignements d'ordre technique sur les avantages ou les inconvénients que certains éléments en acier présentent par rapport à d'autres remplissant les mêmes fonctions, il est apparu qu'il était beaucoup plus difficile d'obtenir des renseignements d'ordre financier permettant de juger des avantages éventuels de ces mêmes éléments sur le plan économique.

Pour disposer de renseignements certains dans ce domaine, il aurait fallu procéder à des enquêtes précises sur les divers éléments du prix de revient et, en particulier, à des relevés sur les temps de main-d'œuvre de manutention, de pose, de réglage et de finition, des éléments étudiés. Mais on sait qu'en raison des frais extrêmement importants que nécessite l'application de telles méthodes, il avait été convenu qu'on se bornerait à utiliser les renseignements et les documents établis ou recueillis par les représentants du maître de l'œuvre ou de l'entrepreneur, ainsi que les éléments d'information fournis par les fabricants.

Ainsi donc, en dehors des résultats d'études précises auxquelles a procédé l'Institut für Bau-forschung sur les prix de revient de certains éléments utilisés sur les chantiers allemands, les conclusions que nous reproduisons ci-après proviennent le plus souvent de renseignements fournis par les maîtres d'œuvre, les entrepreneurs et les fabricants. C'est dire qu'ils ne peuvent être acceptés qu'avec une certaine prudence; d'autre part, les appréciations fournies par les intéressés ne sont pas uniquement basées sur les enseignements qui ont pu être recueillis sur les chantiers de la C.E.C.A., mais sont le plus souvent le résultat d'expériences plus générales faites à l'occasion de divers chantiers.

Ci-après, les conclusions des instituts sont présentées en reprenant successivement les divers éléments en acier, dans le même ordre que dans la partie 3.

4.01 Ossatures porteuses

Seules, l'Allemagne et la France ont fait une application d'une ossature porteuse en acier; l'Allemagne, dans le chantier de Dortmund avec le procédé «Hoesch», la France, dans le chantier de Florange, avec le procédé «Domofer».

Procédé «Hoesch»

On trouve à l'article 4.31 du rapport de l'Institut für Bau-forschung, une analyse très complète de la consommation de main-d'œuvre pour l'ossature et les murs du procédé Hoesch, ainsi qu'une comparaison entre ce procédé et divers procédés traditionnels, pour ce qui concerne les consommations de main-d'œuvre et les coûts de construction. Il est donc inutile d'y revenir ici et on se bornera à signaler les avantages présentés par le procédé Hoesch sur le plan technique.

Ces avantages sont les suivants:

- une grande partie du travail est faite en atelier pour la préparation de l'ossature et des divers éléments préfabriqués entrant dans la construction; il s'ensuit que la durée d'exécution sur le chantier peut être réduite de moitié par rapport à celle des chantiers traditionnels.
- les éléments sont légers, maniables et faciles à mettre en œuvre, ce qui permet de faire appel à l'utilisation d'une main-d'œuvre non spécialisée dans les travaux de bâtiment traditionnels.
- la construction est presque entièrement «sèche», en raison de l'utilisation d'éléments préfabriqués: plaques de façade enduites à la fabrication, dalles préfabriquées pour les planchers, escaliers préfabriqués, etc.
- pour les raisons qui précèdent, le procédé Hoesch offre des avantages pour le travail en hiver. De plus, après le montage de l'ossature métallique, on peut mettre la couverture en place, ce qui assure une bonne protection contre les intempéries pour les autres travaux.

Procédé «Domofer»

Le procédé «Domofer» a été utilisé, dans le deuxième programme de constructions expérimentales C.E.C.A. pour la réalisation de 112 logements à Florange pour le compte de la société l'Immobilière thionvilloise, programme comportant 64 «quatre pièces» et 48 «trois pièces».

Les premières applications de ce procédé remontent à 1954: programme expérimental de 148 logements à Guenange. Elles se sont poursuivies en 1955, 56 et 57, au total: 607 logements à Guenange et 297 logements à Saint-Nicolas en Forêt.

Pour le chantier de Florange, on n'a pas établi de comparaisons de coût analogues à celles auxquelles a procédé l'Institut für Bauforschung pour le chantier de Dortmund, de sorte qu'on ne dispose pas de données permettant d'apprécier comment se situent les prix des divers éléments des constructions Domofer par rapport aux prix des mêmes éléments de constructions traditionnelles.

Il faut d'ailleurs noter que ce procédé constitue un système global d'utilisation de l'acier (ossature, toiture, planchers, bardage extérieur, escaliers, etc.) et que de ce fait, il est pratiquement impossible de dissocier une partie de la construction pour la comparer, au point de vue du coût, avec la même partie d'une construction traditionnelle. On ne peut donc se référer qu'à des comparaisons globales et on trouve des renseignements à cet égard dans les études comparatives faites par l'Institut national du logement. Mais ces études portent sur le prix de soumission et ne permettent pas d'apprécier comment se situent les coûts réels obtenus avec ce procédé de construction.

Sur le plan technique, le système «Domofer» offre des avantages analogues à ceux cités pour le procédé Hoesch:

- adaptation du travail en hiver, du fait que les travaux ne sont pas gênés par les intempéries ou par le gel et qu'on n'est pas tributaire de délai de séchage de bétons ou d'enduits.
- travail important en atelier; montage rapide des éléments en acier, permettant de réduire, de moitié environ, le temps d'exécution sur chantier.
- utilisation d'une main-d'œuvre étrangère à celle du bâtiment.
- légèreté, maniabilité et facilité de mise en place des éléments constitutifs du gros-œuvre.

4.02 Coffrages métalliques pour murs porteurs en béton banché

Des applications de ces coffrages métalliques pour murs banchés, ont été faites sur les chantiers belges, et, en France, sur les chantiers de Longwy et du Konacker.

On sait qu'actuellement les coffrages utilisés pour couler les murs en béton sont le plus souvent métalliques: pour les coffrages de ces murs, on employait couramment, avant la dernière guerre, le système désigné sous le nom de «banchage» dans la région lyonnaise, système qui a d'ailleurs été utilisé pendant des siècles dans les pays méditerranéens pour la confection des murs en béton de terre. Ces coffrages étaient constitués par des planches assemblées de place en place par des traverses en bois. Ces panneaux avaient une hauteur comprise entre 0,60 m et 1 m. Ils étaient maintenus en place par des serre-joints, ceux disposés à la base des panneaux passant dans des trous réservés à travers le mur. L'écartement des panneaux de coffrage était assuré par divers systèmes d'entretoises et de butons.

Avec ce système, il fallait attendre la prise d'une assise pour couler l'assise suivante et on devait donc s'y reprendre à 4 ou 5 fois pour monter une hauteur d'étage. Ceci explique que ce système ne soit plus guère utilisé. La recherche de l'économie de main-d'œuvre a conduit en effet à coffrer les murs sur la totalité d'une hauteur d'étage et également à couler sur cette hauteur, sans attendre le durcissement des couches successives, comme on le faisait autrefois dans le procédé traditionnel de banchage. La conception a donc complètement changé et le coffrage doit donc être organisé pour résister aux poussées importantes qui s'exercent sur les parois pendant le bétonnage du mur.

La poussée est différente suivant la consistance du béton et suivant qu'il s'agit de béton plein ou de béton caverneux. Les systèmes de coffrage varient donc suivant la nature du béton. Pour un béton plein de consistance normale, les panneaux sont généralement constitués par une tôle pleine convenablement raidie, prenant appui sur des systèmes de poutres horizontales et verticales. C'est un système de ce genre qui a été employé dans les chantiers belges. Pour les bétons caverneux, on utilise généralement les coffrages grilles qui sont originaires d'Allemagne et se sont progressivement répandus dans les pays voisins. C'est un système de coffrage grille qui a été employé sur les chantiers français de Longwy et du Konacker.

Coffrages métalliques des chantiers belges

Ces coffrages métalliques sont de deux sortes:

- Sur le chantier de Beyne-Heusay, coffrages mis au point par l'entreprise Richard. Ces coffrages ont été décrits dans le chapitre précédent.
- Sur les chantiers de Cuesmes et Marcinelle, coffrages métalliques du type Loeb, d'un format standard 60 cm x 240 cm. Ces deux derniers chantiers n'ont pas fait l'objet d'études particulières en ce domaine.

Les conclusions de l'Institut national du logement sur l'emploi des coffrages de grandes dimensions, utilisés sur le chantier de Beyne-Heusay sont les suivantes:

Les entreprises adjudicataires des travaux des chantiers belges n'étaient ni outillées spécialement ni familiarisées avec l'emploi de semblables éléments. D'autre part, les conditions climatiques défavorables et les événements sociaux ont profondément bouleversé la période d'étude et d'accoutumance de la main-d'œuvre. On constate cependant que le rythme de rotation d'un ensemble de coffrages atteint les chiffres de 1 mur/jour et 1 niveau escalier/4 jours. En raison du

fait que la qualification de la main-d'œuvre ne répondait pas, au départ, aux critères techniques imposés par l'emploi d'éléments de cette nature, une période d'acclimatation de l'ordre de 40 à 50 jours ouvrables a été nécessaire pour atteindre un niveau satisfaisant.

L'étendue relativement faible des chantiers n'a permis aux entreprises exécutantes qu'une mise en œuvre progressive des éléments métalliques; dès lors, la durée d'amortissement du matériel ne peut être chiffrée avec exactitude dans l'état actuel des travaux. Le rythme de rotation qui a pu être établi permet cependant de dégager des tendances favorables en ce domaine.

Coffrages métalliques des chantiers français

Dans les chantiers de Longwy et du Konacker, on a utilisé, pour le coffrage des murs porteurs, le procédé «Isorapid», qui a été décrit dans le chapitre précédent.

Les procédés de cette nature sont originaires d'Allemagne où il existe plusieurs systèmes analogues: systèmes Kuske, Bossert, Moderner-Bau-Bedarf, etc.

Le coffrage grille «Isorapid» est construit sous licence du procédé allemand Kronprinz-Kuske dont la Société auxiliaire d'entreprises s'est assurée l'exclusivité sur le territoire français et ses dépendances depuis 1951. En Allemagne, ces mêmes coffrages sont fabriqués par la firme Stahlbau à Dillingen (Sarre) qui a également fourni la S.A.E., jusqu'en 1956, époque à partir de laquelle les coffrages ont pu être fabriqués en France sous licence. Depuis 1956, les coffrages-grilles «Isorapid» sont fabriqués en France par la firme «Constructions métalliques de Bouzonville». La Société auxiliaire d'entreprises s'est réservée l'exclusivité de ces fabrications.

L'intérêt de ces coffrages peut être apprécié par la rapidité du développement de ses applications.

Le nombre de logements construits par la Société auxiliaire d'entreprises qui était de 1 500 en 1955 est passé à 10 500 en 1960. Le nombre total de logements s'élève à environ 40 000 depuis l'origine du procédé et la quantité de coffrages-grilles utilisés pour ces constructions a été de 90 000 m², ce qui représente un tonnage d'acier d'environ 2 500 tonnes.

Des ensembles immobiliers très importants ont été réalisés à l'aide de ce procédé dans la banlieue parisienne à Bondy, Vernouillet, Poissy, Pantin-Bobigny, Sarcelles-Moulin-a-Vent, Vitry-Chatillon (1 900 logements avec une tour de 17 niveaux). Les Mureaux (1 283 logements avec des tours de 13 et 19 étages) ainsi qu'en province à Chateauroux, Limoges, Strasbourg, Metz, la ville nouvelle de Lacq-Mourenx (3 200 logements) etc.

Les principaux avantages de ce système de coffrage résident dans la simplicité et la facilité de son montage. Les panneaux grillagés ne pèsent que 17 kg au mètre carré; leur mise en place et leur assemblage ne nécessitent pas de main-d'œuvre spécialisée; le décoffrage ne présente également aucune difficulté. Bien que très légers, les coffrages raidis par des cadres en tôle pliée sont néanmoins robustes et, sous réserve qu'ils soient manutentionnés avec précaution et convenablement entretenus, ils peuvent être réemployés un grand nombre de fois (60 emplois environ) ce qui permet un bon amortissement rapide. On ne dispose pas de renseignements particuliers concernant l'utilisation de ces coffrages sur les chantiers français du deuxième programme C.E.C.A. visés ci-dessus mais, d'après des renseignements recueillis antérieurement, une unité de travail composée:

- d'une bétonnière 500 l «Kaiser»
- d'une grue T.K. 18 «Kaiser»

- d'un jeu de coffrages de 1000 m² environ
- d'une pelle auto pour le chargement des agrégats
- d'étais métalliques

a une capacité de production mensuelle moyenne de 15 logements, compte tenu de l'hiver et des interruptions entre chantiers. A Poissy, en octobre 1956, on est arrivé avec huit grues à couler 260 logements.

En une semaine, on peut coffrer, couler, poser les planchers, couler les chainages, décoffrer et remonter le coffrage au niveau supérieur.

Le temps d'amortissement admis est de 2 ans et demi et la valeur d'amortissement prise en compte dans le calcul du prix de revient est de 5% du montant des travaux de gros-œuvre.

En Allemagne, plus de 100 000 logements ont été exécutés avec ce même système.

En ce qui concerne le coffrage proprement dit, la cadence du travail enregistrée sur un chantier H.L.M. de 360 logements a été de 23 minutes au mètre carré. Une équipe de 6 ouvriers qualifiés, en une journée de 10 h de travail, soit 60 heures, réalisait chaque jour une moyenne de 153 m² de coffrage en effectuant auparavant le décoffrage de la même surface et le nettoyage des panneaux.

Pour le temps d'exécution d'un mètre carré de mur, les chiffres couramment admis sont les suivants (en heure et centièmes d'heure)

Spécialiste: 0,40 – manœuvre: 1,95 – Total: 2,35 h

4.03 Parois verticales extérieures en acier

Comme on l'a souligné ci-dessus les applications de panneaux de façade ou de murs-rideaux métalliques sont encore exceptionnelles dans la construction des logements à caractère social. Les seules applications dans le deuxième programme de constructions expérimentales concernent les chantiers français de Carmaux et de Florange. Le procédé «Domofer» utilisé sur le chantier de Florange a été analysé ci-dessus à propos des ossatures porteuses. Il n'y a donc pas lieu d'y revenir ici. Ce procédé ne constitue d'ailleurs pas, à proprement parler, un mur-rideau, c'est-à-dire un mur complet se suffisant à lui-même, mais plutôt un bardage en acier avec mur de doublage intérieur.

Panneaux de façade de l'entreprise Lagrèze à Carmaux

On peut redire à propos de l'utilisation de ces panneaux, ce qui a été dit ci-dessus à propos du procédé «Hoesch», à savoir qu'il n'est guère possible de tirer des conclusions probantes d'une première application d'un procédé nouveau à une échelle réduite. Seules des applications à grande échelle permettraient d'apprécier l'intérêt économique de telles solutions.

Quoi qu'il en soit, la mise en place de ces panneaux s'est déroulée dans des conditions satisfaisantes et le fait que cette mise en place s'effectuait dans le gros-œuvre terminé a facilité l'exécution des travaux intérieurs et permis une bonne organisation du chantier.

Résultats obtenus par l'Institut national du logement dans la mise en concurrence de procédés de panneaux de façade

Bien qu'on ne puisse pas tirer de conclusions certaines des tentatives faites pour introduire des parois extérieures à base d'acier dans les chantiers du deuxième programme, il apparaît que de telles parois ne sont pas actuellement concurrentielles avec les murs traditionnels.

C'est ce qui ressort, en particulier, de la consultation lancée par l'I.N.L. pour recueillir des offres pour des murs-rideaux ou panneaux de façade de diverses conceptions. Les offres des diverses entreprises se sont classées dans l'ordre ci-dessous, selon la nature des matériaux constitutifs des châssis et panneaux opaques.

Nature du matériau de base		Prix unitaire d'un mur-rideaux type I	Prix total pour les 3 chantiers
Chassis	Panneau opaque		
YANG	Amiante-ciment émaillé Mousse de Polystyrène Aluminium Amiante-ciment	6 330 Fb	11 718 639 Fb
SRN	Amiante-ciment émaillé Mousse de Polystyrène Aluminium Amiante-ciment	6 347 Fb	11 811 149 Fb
YANG	Tôle acier émaillée 12/10 Liège Tôle acier électro-zinguée	6 916 Fb	12 813 972 Fb
SRN	Amiante-ciment émaillé Mousse de Polystyrène Aluminium Amiante-ciment	7 434 Fb	13 140 148 Fb
YANG	Amiante-ciment émaillé Polystyrène expansé Amiante-ciment	8 330 Fb	14 335 380 Fb
SRN	Amiante-ciment émaillé Mousse de Polystyrène Amiante-ciment Plâtre comprimé	8 843 Fb	14 774 220 Fb
SRN	Aluminium anodisé Liège Contreplaqué Peint	8 907 Fb	15 323 850 Fb
Acier 36 mm profil vitrage simple	Amiante-ciment émaillé Mousse de Polystyrène Aluminium Amiante-ciment	10 946 Fb	19 600 710 Fb
Acier 60 mm profil vitrage double	Amiante-ciment émaillé Mousse de Polystyrène Aluminium Amiante-ciment	11 861 Fb	20 840 820 Fb
Acier 60 mm profil double vitrage	Tôle émaillée vitrifiée Mousse de Polystyrène Aluminium Plâtre comprimé	12 269 Fb	22 055 952 Fb

Un écart très important apparaît donc entre les offres basées sur l'utilisation du bois et celles basées sur l'utilisation totale ou partielle d'éléments métalliques.

Ces dernières n'occupent en effet que les 3^e, 8^e, 9^e et 10^e places sur un total de 10 solutions.

De plus, la seule offre basée sur l'utilisation totale de l'acier entraîne une augmentation de prix de 28 928 francs belges par logement par rapport à l'offre la plus basse préconisant l'utilisation du bois.

On peut encore déduire le tableau suivant:

Offre	Montant	Écart
	(en francs belges)	
Offre basée sur l'utilisation du bois la plus basse	11 718 639	—
Offre basée sur l'utilisation partielle du métal la plus basse	12 813 972	+ 1 095 333
Offre basée sur l'utilisation du bois la plus haute	14 744 220	
Offre basée sur l'utilisation du bois la plus basse	11 718 639	— 3 025 581
Offre basée sur l'utilisation du bois la plus haute	14 744 220	
Offre basée sur l'utilisation partielle du métal la plus basse	12 813 972	— 1 930 248
Offre basée sur l'utilisation totale du métal	22 055 952	
Offre basée sur l'utilisation partielle du métal la plus basse	12 813 972	— 9 241 980

On constate que les solutions basées sur l'emploi de l'acier se révèlent d'un prix supérieur, mais que des conceptions mixtes pourraient éventuellement être envisagées sur le plan économique.

En outre, l'Institut national du logement souligne que l'importance relative des chantiers était trop faible pour permettre aux industries métalliques d'être compétitives par rapport aux fabricants de panneaux à chassis en bois.

4.04 Charpentes métalliques pour toitures

De telles charpentes n'ont été utilisées que dans les chantiers allemands; fermettes métalliques à treillis du système «Filigran» pour les chantiers de Gelsenkirchen-Buer, Gladbeck, Gelsenkirchen, Höngen, Essen, Welper; poutrelles à treillis de la société Adolf Stöterau pour le chantier de Salzgitter.

Il s'agit de fermettes dont les pieds sont scellés dans les chainages de façade ou butés contre des sommiers faisant corps avec ces chainages, de sorte que les poussées sont absorbées par le plancher haut du dernier étage. Ce système de charpente présente l'avantage d'un montage facile et rapide, en raison de la légèreté des poutrelles à treillis utilisées. Comme ces fermettes ne comportent pas d'entrait, le comble est entièrement libre.

Ces ossatures sont actuellement d'un prix plus élevé que les ossatures de conception analogue en bois.

4.05 Planchers préfabriqués à armatures spéciales

De tels systèmes de planchers ont été utilisés dans plusieurs chantiers français et dans le chantier hollandais de Heemskerck. Ce sont des systèmes dont les armatures des nervures sont en tôle d'acier pliée ou en profilés spéciaux, éventuellement partiellement préenrobés par du béton; les poutrelles préfabriquées ainsi constituées sont provisoirement supportées par un ou plusieurs appuis intermédiaires formant solivage pour la mise en place des corps creux et le bétonnage du plancher définitif.

Il n'y a rien de spécial à signaler à l'égard de ces systèmes de plancher dont il existe un grand nombre de types dans tous les pays de la Communauté. La plupart sont d'origine allemande et l'organisation de leurs débouchés a été souvent portée à l'échelle mondiale. C'est ainsi que le système «Omnia» utilisé pour le chantier de Heemskerke a depuis sa création en Allemagne à Mayence en 1953 porté sa production dans le monde à plus de 15 000 000 de mètres carrés de planchers.

Le principal avantage de ces procédés est de permettre une mise en œuvre plus rapide que les planchers traditionnels, de supprimer les coffrages et de réduire les étalements. Ils sont compétitifs avec les planchers traditionnels et souvent même d'un prix moindre.

4.06 Escaliers métalliques

Des escaliers métalliques ont été mis en place dans le chantier de Dortmund et dans le chantier de Florange. On sait que dans les deux cas, il s'agit de procédés comportant des ossatures métalliques et il était par conséquent logique et rationnel que dans ces deux chantiers, les constructeurs se conforment aux prescriptions du programme imposant des escaliers à ossature métallique.

Dans les autres chantiers, cette prescription n'a pas été suivie, sauf pour l'un des bâtiments du chantier de Salzgitter, parce que les escaliers à ossature métallique sont plus chers que les escaliers en béton coulé sur place ou les escaliers préfabriqués en béton. Les suppléments de dépenses proviennent en partie de la nécessité de protéger l'ossature métallique contre le danger d'incendie.

4.07 Fenêtres en acier

Les prescriptions du programme relatives à l'utilisation de fenêtres en acier ont été suivies dans l'ensemble des chantiers. On a utilisé, soit les fenêtres constituées à l'aide des laminés classiques de menuiserie métallique, soit les fenêtres formées de profils creux en tôle pliée.

Dans l'ensemble, les fenêtres en acier sont d'un prix plus élevé que les fenêtres en bois de mêmes dimensions et de composition analogue. Mais il semble que la différence de prix, qui était importante il y a encore quelques années, ait tendance à s'amenuiser. D'autre part, les fenêtres métalliques présentent certains avantages non négligeables, qui, malgré leur coût plus élevé, peuvent les faire préférer aux menuiseries bois.

- La proportion des vides par rapport aux pleins peut atteindre 95% ce qui n'est pas possible avec les matériaux traditionnels.
- La grande variété de profilés utilisés et la possibilité, en particulier avec les profils creux en tôle pliée, de réaliser des sections d'inerties très variées assure une grande souplesse fonctionnelle et permet une grande variété de types et de dimensions.

- L'acier est insensible aux influences climatiques si ce n'est à la chaleur, mais dans des proportions très faibles (1 mm par mètre pour 100° d'écart).
- En raison des qualités précédentes, il est possible de réaliser des menuiseries étanches par double contact et chambre de détente. L'évolution récente donne une place aux joints plastiques qui permettent une étanchéité encore accrue et voisine de l'herméticité pour les cas particuliers où cela est nécessaire.
- L'accrochage de l'acier sur la maçonnerie est très bon, ce qui permet une excellente liaison avec le gros-œuvre et de bons calfeutremments.
- La bonne adhérence avec la maçonnerie et les formes propres des profils d'encadrement permettent de renoncer aux chambranles rapportés.
- Enfin, ces menuiseries sont imputrescibles et incombustibles.

Ces qualités, ainsi que les progrès accomplis dans la fabrication des menuiseries métalliques, expliquent le rapide progrès de la menuiserie métallique dans le bâtiment. En France l'emploi de la menuiserie métallique dans la construction atteint actuellement 25% du marché total de la fenêtre.

En ce qui concerne la protection contre la corrosion, les procédés modernes de traitement des aciers permettent d'assurer une excellente base d'accrochage aux revêtements de peinture.

Les profilés spéciaux laminés à chaud subissent un grenailage qui assure, par un décapage mécanique, la mise à nu du métal et élimine toute la calamine. A la sortie de la grenailleuse, les profilés passent au banc de métallisation qui dépose une couche de zinc très adhérente, permettant un stockage de longue durée.

Pour les profilés tubulaires formés au galet, la galvanisation en continu, à chaud, par le procédé Sendzimir réalise un revêtement homogène qui permet l'emboutissage sans fissures. Son épaisseur de 25 à 30 microns donne une protection excellente équivalente à la métallisation au zinc au pistolet.

En matière de comparaison du coût des menuiseries métalliques, avec les menuiseries en bois, il y a d'ailleurs lieu de tenir compte du fait que les menuiseries métalliques présentent une moindre surface de pleins, et, en conséquence, consomment moins de peinture pour leur protection; elles en consomment également moins pour l'entretien ultérieur. Au sujet de ce problème particulier, le Ratio-Bouw a effectué en 1960 une étude comparative du coût des menuiseries bois et acier, portant sur douze types de fenêtres.

Dans cette étude, on a commencé par évaluer le coût total de premier établissement des fenêtres en tenant compte non seulement du coût de la fenêtre proprement dite et des frais de pose, mais également de la quincaillerie, de la peinture et de la vitrerie. On a ensuite tenu compte des frais d'entretien au cours de la durée de la construction. La conclusion de cette étude est la suivante. Le coût de premier établissement de fenêtres standard en acier d'un profil léger (25 mm) est un peu plus élevé que celui des fenêtres analogues en bois; mais on peut s'attendre à ce que les coûts totaux de ces fenêtres standard en acier, à savoir le coût de premier établissement augmenté des frais d'entretien pendant la durée de la construction, soient moins élevés que ceux des fenêtres analogues en bois, étant donné que les fenêtres en acier exigeront moins d'entretien.

En matière d'application nouvelle de l'acier dans la construction, il y a lieu de mentionner l'expérience très intéressante réalisée par le Centre per la Ricerca Applicata sui Problemi della Edilizia Residenziale pour les blocs-fenêtres des chantiers italiens. Ces blocs-fenêtres en tôle

d'acier, déjà utilisés par le C.R.A.P.E.R. dans d'autres constructions, ont été, sur le chantier de Milan-Forlanini, complétés par des éléments d'éclairage et de chauffage.

Sur le plan technique cette expérience a donné entière satisfaction. La pose a été effectuée par les maçons, assistés d'un monteur. Ce travail, qui constituait une nouveauté pour le personnel, n'a donné lieu à aucune difficulté; en raison de la simplicité de la mise en œuvre, l'accoutumance des ouvriers a été très rapide et on a pu obtenir une très grande précision dans le montage.

On trouvera, dans le rapport de l'Institut für Bauforschung, les résultats de la comparaison de prix à laquelle a procédé le C.R.A.P.E.R. entre ce bloc-fenêtre et un équipement traditionnel.

4.08 Huisseries et bâtis

Dans tous les chantiers, on a utilisé des huisseries et bâtis en tôle pliée. L'Institut für Bauforschung, dans le chapitre 4 de son rapport sur le calcul et la comparaison des prix de revient des éléments de construction en acier, a présenté une analyse détaillée des coûts de ces huisseries et bâtis et a signalé certains avantages de leur utilisation. Cette question ne sera pas reprise ici.

4.09 Couvertures

Les applications de couvertures en acier ont été peu nombreuses: tuiles en acier au chantier de Moers, bacs autoportants en tôle galvanisée au chantier de Longwy, de Carmaux et de Milan-Forlanini. Jusqu'à présent l'utilisation de l'acier comme matériau de couverture de bâtiments à usage d'habitation est encore peu répandue et il est difficile de porter un jugement sur l'intérêt économique de cette utilisation.

Ce mode de couverture pose d'ailleurs un certain nombre de problèmes, en particulier en ce qui concerne la protection contre la corrosion, le risque de condensation, la protection contre les effets du rayonnement solaire, etc.

Ces problèmes ne sont d'ailleurs pas encore complètement résolus et il est donc prématuré de porter un jugement sur les avantages et les inconvénients de ces systèmes de couverture.

4.10 Radiateurs en acier

Des radiateurs en acier ont été mis en place dans 6 chantiers allemands, les 3 chantiers belges, un chantier français et un chantier italien.

L'utilisation de tels radiateurs n'est pas encore très courante mais tend à se développer. Ils présentent les avantages suivants: faible poids, économie de place, montage facile.

4.11 Équipement sanitaire et ménager

En ce qui concerne les canalisations en fonte ou en acier, les directives du programme ont été suivies; ces utilisations sont d'ailleurs d'un usage courant dans le bâtiment et il n'y a rien de particulier à signaler à leur égard.

Les éviers en acier inoxydable, de même que les baignoires ou bacs à douches en fonte ou en tôle émaillée, sont également d'un usage courant. Ils présentent des avantages bien connus: résistance aux chocs, faible poids, montage facile, etc.

En matière d'équipement sanitaire, il y a lieu de signaler l'intéressante expérience faite par le C.R.A.P.E.R. sur les chantiers italiens avec le bloc – technique en acier galvanisé qui a été décrit dans le chapitre 3. L'introduction de ce bloc, qui a économisé, sur le chantier, une grande partie de main-d'œuvre spécialisée dans les travaux de l'espèce, s'est révélée avantageuse sur le plan économique en même temps qu'elle a permis d'atteindre un haut degré dans la qualité des ouvrages correspondants.

Dans l'ensemble, les avantages suivants ont été constatés:

- 1) Qualité de l'équipement:
 - l'exécution de l'installation est assurée par la production du bloc-eau en usine et par le montage sur chantier effectué avec la main-d'œuvre spécialisée fournie par le fabricant;
 - les appareils et les matériaux sont garantis;
- 2) Réduction de l'emploi de la main-d'œuvre sur le chantier et surtout de la main-d'œuvre spécialisée, qui manque actuellement en Italie;
- 3) Rapidité de montage et accélération corrélative des travaux;
- 4) Facilité d'inspection de l'équipement;
- 5) Appareils sanitaires suspendus, qui donnent la possibilité de nettoyer facilement et soigneusement la pièce;
- 6) Réduction des coûts d'entretien à cause de la bonne exécution de l'installation.

Il y a lieu de signaler également, en ce qui concerne l'équipement ménager, l'expérience faite par l'Institut national du logement, pour grouper dans un «bloc» préfabriqué tous les appareils de cuisine. Ce bloc a été décrit ci-dessus au paragraphe 3.11 du chapitre précédent.

Les avantages principaux qu'il présente résident:

- a) dans le gain de place qui résulte d'un assemblage rationnel des éléments. Ce gain est d'environ 50 % de l'espace normalement nécessaire à la pose des mêmes appareils et entraîne une économie de surface de logement et d'entretien domestique;
- b) dans la suppression de la main-d'œuvre de pose, fixation et raccordement habituellement nécessaire pour des appareils séparés, du fait que le bloc comporte toute la tuyauterie d'arrivée et d'évacuation des fluides, dont le raccord aux canalisations se fait par serrage.

La réalisation de ce bloc-ménager a entraîné une réduction de l'ordre de 5% par rapport au prix des appareils ménagers achetés isolément. La comparaison des coûts a été faite, en tenant compte, dans le cas d'appareils séparés, d'une série de 357 unités, donc identiques à celle qui avait fait l'objet de la commande de «blocs-ménagers».

Les prix envisagés pour les appareils séparés sont donc, de loin, inférieurs aux prix de catalogue. A titre d'exemple, le prix des chauffe-eau est évalué à 1 700 FB, pose comprise, alors que le prix de catalogue pratiqué pour la vente au détail est de 3 150 FB, pose non comprise.

Le prix «bloc-ménager» reste cependant valable pour la vente en petites quantités.

Il faut noter encore que le prix obtenu pour la première série de 357 unités comprend des frais de recherches et de fabrication des prototypes, rendus nécessaires pour la mise au point de cet appareil.

L'Institut national du logement considère que cette expérience est positive, en fonction de l'élargissement ultérieur des commandes et que, dès à présent, elle remplace avantageusement les diverses possibilités offertes par les solutions traditionnelles en ce domaine.

5. Conclusions générales

Tout d'abord, il y a lieu de souligner qu'en formulant ses directives techniques, le comité des experts n'ignorait pas que leur application ne correspondrait pas toujours aux solutions constructives les plus économiques. Dans l'esprit du comité des experts, il s'agissait avant tout de procéder à une expérience, consistant à éprouver certaines solutions en acier, en vue de déceler leurs avantages éventuels, même si ces solutions se révélaient, dans l'immédiat, plus chères que les solutions traditionnelles.

Il était bien évident qu'à l'échelle relativement faible des chantiers du deuxième programme, les éléments pour lesquels l'utilisation de l'acier est encore peu courante risquaient d'être plus onéreux que les éléments correspondants des modes de construction traditionnels.

C'est d'ailleurs ce qu'on n'a pas manqué de constater et certains maîtres d'ouvrages, malgré leur bonne volonté, ont dû renoncer à certaines applications nouvelles de l'acier qu'ils avaient envisagées et se rabattre sur des procédés classiques, utilisant d'autres matériaux que l'acier.

Dans certains cas les maîtres d'ouvrages se sont également heurtés à des difficultés dues aux prescriptions de réglementations locales, en particulier en matière de protection contre l'incendie (cas des escaliers métalliques, en particulier).

Malgré cela, des solutions en acier très originales ont pu être expérimentées avec succès sur plusieurs chantiers.

Les enseignements qui paraissent pouvoir être dégagés de cette expérience, ainsi que des avis généraux formulés par les Instituts, peuvent se résumer ainsi:

En raison de la variété des applications que peut recevoir l'acier dans le bâtiment, il n'est pas possible de porter un jugement uniforme sur les chances de développement des dites applications dans les divers éléments de la construction.

Alors que pour certaines applications telles que les coffrages pour murs en béton banché, l'utilisation de l'acier connaît une grande faveur, et que pour d'autres applications déjà courantes, telles que les huisseries et bâtis de portes et les menuiseries extérieures, on constate une progression continue, pour d'autres applications plus récentes, telles que les ossatures, les parois verticales extérieures, les charpentes de toiture, les prix restent notablement supérieurs aux solutions traditionnelles et les chances de développement apparaissent moins certaines.

Sur un plan général, l'utilisation de l'acier dans le bâtiment présente à la fois des avantages et des difficultés.

Au compte des avantages, on peut ranger:

- la possibilité de travailler l'acier avec des matériels à grand rendement
- la précision des fabrications
- la facilité d'assemblage, en raison des possibilités de perçage, de taraudage, de soudage, etc.

En raison de ces avantages, l'acier se prête bien à des fabrications en série, et à la réalisation de procédés industrialisés nécessitant une grande précision dimensionnelle et des facilités de montage.

En contre partie, on rencontre dans la plupart des applications des difficultés pour assurer la protection contre la corrosion, et, pour certaines applications, contre le danger d'incendie.

Si on examine maintenant successivement les diverses applications imposées, ou simplement préconisées pour les constructions du deuxième programme, on peut faire les constatations suivantes:

5.01 En matière d'ossature il n'y a eu aucune application en charpente métallique traditionnelle. Ceci était d'ailleurs prévisible, un tel mode d'ossature ne pouvant rivaliser sur le plan économique avec la maçonnerie ou les ossatures en béton armé que pour les immeubles élevés ou pour des immeubles présentant certaines sujétions constructives particulières. Par contre, il y a eu deux applications de systèmes spéciaux d'ossature en tôle pliée, le procédé Hoesch en Allemagne et le procédé Domofer en France.

Dans ces deux systèmes l'utilisation d'une ossature métallique spéciale aboutit, pour le gros-œuvre, à un prix plus élevé que la maçonnerie porteuse ou la construction à ossature en béton armé. En contrepartie ces deux systèmes présentent comme avantages une grande rapidité de montage et une faible consommation de main-d'œuvre sur le chantier.

5.02 Les constructeurs pouvaient utiliser des façades légères comportant l'utilisation d'éléments en acier ou constituées entièrement en tôle d'acier.

Là aussi les applications ont été peu nombreuses et ne concernent que les chantiers français.

– le procédé Domofer, dans lequel la paroi extérieure est constituée d'un bardage en acier avec mur de doublage intérieur. Ce procédé rentre dans la catégorie des façades «semi-rideau».

Ainsi que cela a été signalé ci-dessus, ce bardage n'est conçu que comme élément d'un système global d'utilisation de l'acier.

– les panneaux de façade de l'entreprise Lagrèze à Carmaux. Il s'agissait d'une première application de ce procédé; en raison de la faible importance de cette application, il est difficile de tirer des conclusions valables sur son intérêt économique.

Néanmoins, l'expérience générale montre que les solutions de mur-rideaux ou de panneaux de façade utilisant l'acier sont actuellement onéreuses et visent surtout les immeubles de standing élevé, immeubles de bureaux surtout. Leurs chances de développement dans les constructions bon marché paraissent minimes.

5.03 En matière de planchers, plusieurs systèmes utilisant la tôle pliée comme armatures de poutrelles préfabriquées connaissent en France un assez bon développement.

5.04 Les charpentes métalliques de toitures inclinées, utilisées sur 7 des chantiers allemands sous forme de fermettes à treillis, tout en présentant certains avantages sur le plan de la mise en œuvre, se révèlent plus onéreuses que les charpentes en bois. Ceci est dû en particulier à la faible portée de ces charpentes dans les constructions considérées. Les avantages de ces charpentes apparaîtraient sans doute plus nettement pour des portées plus importantes.

5.05 Les escaliers métalliques n'ont été utilisés que sur trois chantiers: Dortmund, Salzgitter et Florange.

Dans les chantiers de Dortmund et de Florange, pour lesquels on a fait appel à l'acier pour constituer les ossatures et les planchers, l'escalier en acier apparaît comme le complément rationnel d'un ensemble d'éléments porteurs métalliques. Pour le chantier de Salzgitter, on a pu par dérogation aux règlements en vigueur, prévoir pour un des bâtiments, un escalier à limons métalliques avec marches et plafond rampant en bois. Mais lorsque, conformément à la réglementa-

tion, on prévoit un habillage spécial pour la protection contre l'incendie, il en résulte des suppléments de dépenses qui rendent généralement cette solution peu compétitive.

5.06 Les *fenêtres en acier* constituées, soit par des laminés soit par des profilés creux de tôle pliée, ont été utilisées sur presque tous les chantiers. On sait que, pendant longtemps, les solutions de fenêtres en acier ont été notablement plus onéreuses que les solutions traditionnelles en bois. Il semble qu'en raison de leur développement et des progrès accomplis dans la fabrication, cet écart aille en s'amenuisant. Par ailleurs, ces solutions présentent des avantages qui ont été soulignés plus haut.

Dans ce domaine on doit faire une mention particulière de la très ingénieuse solution de blocs-fenêtres mise au point par le C.R.A.P.E.R. pour les chantiers italiens. Les considérations de l'étude économique faite par le C.R.A.P.E.R. sont très encourageantes quant aux chances de développement de ce procédé; d'autant plus que, dans les termes de cette comparaison, le C.R.A.P.E.R. ne concède aucune faveur au bloc-fenêtre en acier, puisqu'on met en parallèle le châssis en acier du bloc-fenêtre avec la fenêtre en bois de la solution traditionnelle.

On doit observer que malgré la précision que demandait la mise en place de tels éléments, ce travail a pu être fait de façon très satisfaisante par des maçons, assistés d'un monteur.

5.07 Les *huisseries et bâtis en acier* pour portes, dont l'utilisation était imposée par les directives, sont d'un usage courant et leurs avantages ont été soulignés plus haut.

On constate que leur emploi se développe de façon constante.

5.08 Les constructeurs pouvaient réaliser la *couverture* des immeubles à l'aide d'éléments en tôle pliée ou en complexe d'étanchéité comportant l'utilisation d'une feuille d'acier. Un tel mode de couverture qui, jusqu'à présent, était surtout utilisé pour les constructions industrielles, est encore peu courant pour les immeubles d'habitation. Ceci est dû en particulier aux problèmes qu'il pose en matière d'hygrothermique et de protection contre la corrosion.

5.09 Les constructeurs devaient utiliser l'acier (ou la fonte, suivant les cas) pour les *canalisations* de toutes natures: alimentation en eau froide et chaude, évacuation des eaux usées, chauffage, gaz.

Ces utilisations sont d'usage courant et n'ont pas posé de problèmes aux entreprises.

5.10 Pour le *chauffage central*, dont l'installation était prévue pour tous les chantiers, les directives ne recommandaient aucune solution particulière puisqu'en définitive, qu'il s'agisse de radiateurs, de convecteurs ou de tubes pour le chauffage par le sol, les matériaux utilisés partent tous du minerai de fer. Il semble que le radiateur en acier recueille de plus en plus la faveur des constructeurs. On a, en effet, utilisé le radiateur en acier sur 6 chantiers allemands, sur tous les chantiers belges et sur un des deux chantiers italiens, alors que sur tous les chantiers français, sauf un seul, la faveur est restée aux radiateurs en fonte.

5.11 En matière d'*équipement sanitaire*, les éviers en acier inoxydable sont d'un usage courant, de même que les baignoires ou bacs à douches en fonte ou en tôle émaillée.

Les avantages que ces équipements présentent pour l'utilisateur ont été soulignés dans le rapport. On doit rappeler en particulier le bloc-technique mis au point par le C.R.A.P.E.R. pour les chantiers italiens et dans lequel les diverses canalisations d'amenée et d'évacuation avec branchements aux appareils sont incorporées dans un seul élément, fabriqué, en usine. La comparaison économique et technique établie par le C.R.A.P.E.R. fait ressortir l'intérêt de cette solution.

Pour ce qui concerne l'équipement ménager, l'expérience faite par l'Institut national du logement pour les chantiers belges, en rassemblant dans un seul meuble en tôle d'acier vitrifiée un

équipement comportant cuisinière, armoire frigorifique, évier à double cuve et chauffe-eau, a été couronnée de succès sur les plans conception, technique et économique.

Ces deux expériences mettent en lumière une des conditions du développement des solutions faisant appel à l'utilisation de l'acier: en raison des investissements importants que nécessite la réalisation de tels ensembles, leur prix ne peut être abaissé que par des fabrications en grande série; leur chances de développement sont donc liées à des mesures de typification, de groupement de commandes et d'organisation des débouchés.

5.12 Les directives visaient seulement les utilisations de l'acier pour les éléments entrant dans la construction. En dehors de ces utilisations, il a été fait mention ci-dessus les utilisations de l'acier dans le *matériel de coffrage* employé par la construction de murs en béton banché ou des planchers en béton armé.

Pour le coffrage des murs en béton banché, on fait dès à présent largement appel à l'utilisation de coffrages en acier, soit sous forme de panneaux pleins en tôle pour le coulage du béton ordinaire, soit sous forme de panneaux grillagés pour le coulage du béton caverneux. Le développement important pris par l'utilisation des coffrages grilles dans les pays de la Communauté a été souligné.

Pour le coffrage des planchers, on fait également de plus en plus appel à l'utilisation de l'acier, sous forme de systèmes de coffrage complet de panneaux entiers de planchers, éventuellement associés à des coffrages de mur pour former des ensembles analogues à ceux utilisés par l'entreprise Richard sur le chantier belge de Beyne-Heusay.

Bien qu'il ne s'agisse pas là d'utilisation directe de l'acier dans les constructions et que le tonnage de ces matériels soit relativement faible lorsqu'on le ramène au logement (en raison du grand nombre de remplois possible), cette utilisation mérite d'être mentionnée car elle rentre dans le domaine de l'outillage général du bâtiment où l'acier reçoit des applications de plus en plus importantes et variées.

Chapitre VII **Recherche et comparaison des
prix de revient de certains
éléments de construction**

C.D.U. 69.003.12 : 69.001.5 (100)

(texte original: allemand)

*par le professeur Dr. W. Triebel
Institut für Bauforschung
Hanovre*

Sommaire

	Page
1. But des études	289
2. Problèmes	289
3. Exécution des études	290
3.1 Prix de revient des portes	290
3.11 Objet des études	290
3.12 Calcul du prix de revient	290
3.13 Conditions de comparabilité des prix de revient	291
3.2 Prix de revient de certains éléments en acier	291
3.21 Objet des études	291
3.22 Calcul du prix de revient	292
3.23 Conditions de comparabilité des prix de revient	292
4. Résultats des études	292
4.1 Influence de la qualité dimensionnelle sur la main-d'œuvre et sur le prix de revient des portes	292
4.11 Comparaison concernant la main-d'œuvre	292
4.11.1 Le chantier expérimental néerlandais	293
4.11.11 Main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte	293
4.11.12 Main-d'œuvre pour la pose des huisseries	295
4.11.2 Les chantiers expérimentaux allemands	296
4.11.21 Main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte	296
4.11.22 Main-d'œuvre pour la pose des huisseries	297
4.11.3 Le chantier expérimental français	297
4.11.31 Main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte	297
4.11.32 Main-d'œuvre pour la pose des huisseries	297
4.11.4 Le chantier expérimental italien à Milan	298
4.11.41 Méthode de travail	298
4.11.42 Main-d'œuvre pour la pose des huisseries	298
4.11.43 Main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte	299
4.12 Comparaison du coût des portes	299

	Page
4.2 Méthode de travail et dépense de main-d'œuvre pour la pose des huisseries en acier	301
4.21 Méthode de travail	301
4.22 Main-d'œuvre	303
4.23 Comparaison des coûts par rapport aux éléments de construction traditionnels	305
4.24 Conclusion	306
4.3 Murs	311
4.31 Procédé «Hoesch»	311
4.31.1 Main-d'œuvre	311
4.31.2 Comparaison des coûts par rapport aux procédés traditionnels	312
4.32 Procédé «Domofer»	314
4.32.1 Description	314
4.32.2 Main-d'œuvre	315
4.32.3 Prix de revient	316
4.32.4 Comparaison avec d'autres procédés	316
4.32.41 Main-d'œuvre	316
4.32.42 Comparaison de prix entre différents éléments de construction	317
4.32.43 Prix de revient	317
4.33 Coffrages en tôle d'acier pour murs	318
4.33.1 Description	318
4.33.2 Méthodes de travail	318
4.33.3 Main-d'œuvre	319
4.33.4 Comparaison de la dépense de main-d'œuvre	321
4.33.5 Comparaison des prix	322
4.4 Toitures en acier	323
4.41 Types	323
4.42 Main-d'œuvre	324
4.43 Prix de revient	325
4.44 Comparaison des coûts par rapport aux éléments de construction traditionnels	326
4.45 Conclusions	331
4.5 Fenêtres en acier	331
4.51 Types	331
4.52 Main-d'œuvre et prix de revient	335
4.53 Comparaison des couts par rapport aux éléments traditionnels	336
4.54 Conclusions	340
4.6 Escaliers en acier	340
4.61 Types	340
4.62 Main-d'œuvre et prix de revient	341
4.7 Installations sanitaires	341
5. Récapitulation	342

1. But des études

Les directives administratives et techniques applicables au deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. prévoient l'utilisation de divers éléments en acier, tels que fenêtres, toitures et huisseries. Dans la plupart des pays membres, l'utilisation de ces éléments dans la *construction de logements* est en partie nouvelle et, tout au moins, elle n'est généralement pas courante. C'est pourquoi il a été prévu une recherche spéciale en vue de déterminer les prix de revient des divers éléments d'acier utilisés, de les comparer entre eux ainsi qu'avec des éléments similaires mais fabriqués à partir d'autres matériaux, afin d'établir ainsi la rentabilité des divers procédés et, le cas échéant, de mettre au point des procédés rentables.

Il fallait en même temps examiner l'influence de la qualité dimensionnelle de certains éléments de construction en acier sur la dépense de main-d'œuvre et le prix de revient lors de la pose sur le chantier.

La Haute Autorité de la C.E.C.A. a chargé de cette recherche l'Institut für Bauforschung, de Hanovre.

2. Problèmes

Les éléments de construction en acier se caractérisent par le fait que, pour être économiques, ils doivent être fabriqués en série. En général, leur mise en place s'opère sans leur faire subir de modification. Il n'est pas possible de les adapter à des dimensions particulières de la construction qui s'écarteraient des dimensions exactes prévues. C'est pourquoi leur emploi exige une parfaite qualité dimensionnelle à la fabrication, dans les cotes du bâtiment et à la pose.

La préfabrication entraînant des dépenses exceptionnelles à l'usine, il faudra que les séries d'éléments identiques soient aussi grandes que possible. Les études de prix de revient devront donc porter sur deux points:

2.1 Le premier point consiste à déterminer dans quelle mesure les dimensions inexacts à la fabrication et à la pose affectent les prix de revient. Pour ces études, le choix s'est fixé sur l'ensemble huisserie-porte, car la fabrication d'un seul élément exige la participation de plusieurs corps d'état ainsi que la mise en œuvre de matériaux divers (maçonnerie ou béton, acier, bois), et la mauvaise qualité dimensionnelle d'un travail peut avoir des répercussions sensibles sur le temps nécessaire à l'exécution des autres travaux.

Les études concernant les prix de revient des portes peuvent donc contribuer, par l'introduction de dimensions particulièrement précises, à augmenter le rendement à la pose.

C'est d'ailleurs la raison pour laquelle ces études n'intéressent que les portes dont les dimensions et les écarts dimensionnels ont été examinés dans le cadre des recherches sur la qualité des dimensions.

Mais comme les dépenses de main-d'œuvre pour la pose des portes peuvent être influencées, non seulement par les écarts dimensionnels, mais aussi par les diverses méthodes de travail, il convient également d'examiner et de comparer ces dernières, afin de déterminer dans quelle mesure elles influent sur la main-d'œuvre nécessaire, et si l'application de procédés plus fonctionnels peut permettre un accroissement notable du rendement.

2.2 Le second point a trait à la rentabilité des principaux éléments en acier montés dans les constructions du deuxième programme. Ces études doivent préciser la main-d'œuvre et les coûts

afférents aux planchers, toitures, escaliers et fenêtres en acier. Les prix de revient de ces éléments doivent être comparés entre eux et avec ceux d'éléments similaires traditionnels, c'est-à-dire fabriqués à partir de matériaux autres que l'acier. A cet égard, l'importance de la série peut être d'un intérêt déterminant du point de vue de la rentabilité.

3. Exécution des études

3.1 Prix de revient des portes

3.11 Objet des études

Les instructions d'application du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. recommandaient d'étudier le prix de revient des portes sur les chantiers suivants:

Allemagne:	9.	Salzgitter, et d'autres chantiers
Belgique:	12.	Beyne-Heusay
France:	18.	Konacker
Italie:	19.	Milan
Luxembourg:	21.	Esch/Alzette
Pays-Bas:	22.	Heemskerk

Il a toutefois fallu exclure des études le chantier luxembourgeois car, à l'époque de la rédaction du présent rapport, les travaux n'étaient pas encore suffisamment avancés pour permettre l'exécution des études prévues.

Le chantier belge a retenu des conceptions et des méthodes de travail qui ne permettent pas une comparaison directe avec les autres chantiers. Sur ce chantier, les murs sont coulés en béton dans des coffrages d'acier. Les huisseries ne sont pas, comme sur les autres chantiers, posé avant ou après le maçonnerie mais elles sont fixées au coffrage même et montées en même temps que celui-ci, de sorte qu'elles sont automatiquement directement fixées au béton. Il n'a donc pas été possible de déterminer séparément les dépenses de main-d'œuvre correspondant aux différentes opérations.

Sur les autres chantiers précités les 40 portes examinées dans le cadre des études sur la qualité des dimensions ont également fait l'objet d'une détermination des dépenses de main-d'œuvre ainsi que du prix de revient.

3.12 Calcul du prix de revient

Des instructions précises ont été données aux entrepreneurs pour le calcul du prix de revient. Le numérotage des diverses portes, déjà réalisé en vue des mesures, a également été utilisé pour ces études.

Seuls les chantiers néerlandais et plusieurs chantiers allemands ont fourni des données pleinement exploitables pour la présente étude.

En vue de la comparaison des méthodes de travail, les entrepreneurs avaient été invités à présenter des rapports sur leurs propres expériences. D'autre part l'Institut a communiqué les résultats

d'enquêtes relatives aux constructions expérimentales et comparatives du Ministère Fédéral du Logement.

3.13 Conditions de comparabilité des prix de revient des portes

Les prix de revient ont été examinés et classés d'après le schéma suivant, déjà retenu pour les études de productivité pendant le premier programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A.:

1. Frais de salaires
2. Frais de matériaux
3. Frais de matériel
4. Frais généraux du chantier
5. Frais généraux de l'entreprise
6. Impôts et taxes.

Parmi ces coûts les frais de salaires devaient être calculés séparément pour chacune des 40 portes. Quant aux frais de matériaux il suffisait d'indiquer les prix pratiqués par les fabricants ou fournisseurs. Les éléments 3 à 6 pouvaient seulement être évalués en pourcentage des frais de salaires.

La main-d'œuvre et les frais de salaires devaient être calculés pour les opérations ci-après du poste «pose des portes».

1. Pose des huisseries, y compris travaux préparatoires et finissage
2. Pose des panneaux de porte
3. Pose des ferrures
4. Travaux accessoires
5. Vitrerie et peinture.

A cet effet, on devait déterminer avec précision pour chaque porte les trois premières opérations nécessaires. Pour les autres travaux, il suffisait d'établir la valeur moyenne pour l'ensemble des 40 portes.

3.2 Prix de revient de certains éléments en acier

3.21 Objet des études

Ces études visaient à déterminer les prix de revient des éléments suivants en acier, utilisés dans la construction:

1. Planchers
2. Toitures
3. Escaliers
4. Fenêtres.

Les divers chantiers à inclure dans l'enquête n'avaient pas été désignés au préalable. Il avait été demandé aux instituts nationaux de soumettre des propositions permettant l'étude de conceptions particulièrement intéressantes. Etant donné que, sur les chantiers du programme, les planchers sont généralement en béton armé, on a renoncé à en calculer le prix de revient. On a en revanche étudié certains murs de conception différente.

Sur le chantier 1 de Dortmund-Scharnhorst, on a utilisé une ossature en acier d'un genre nouveau pour l'Allemagne, avec éléments de murs et de planchers en grande partie pré-fabriqués.

Sur le chantier 13 à Florange, les bâtiments ont reçu des ossatures en acier selon le système Domofer, avec bardage et planchers en tôles d'acier.

Sur les chantiers belges, les murs en béton ont été réalisés à l'aide de coffrages en acier. On a employé trois types de coffrages différents. On a calculé la consommation de main-d'œuvre et le prix de revient de ces murs, afin de comparer la rentabilité des murs construits à l'aide d'un coffrage en acier à celle des murs construits avec d'autres coffrages, ainsi qu'à celle d'autres murs.

La comparaison des toitures porte en premier lieu sur les toitures en acier utilisées en Allemagne. Des indications concernant les escaliers viennent de Dortmund et de Salzgitter. L'étude des fenêtres a été faite sur des chantiers en Allemagne, en Italie et en France.

3.22 Calcul du prix de revient

En vue du calcul des prix de revient de certains éléments de construction en acier, les maîtres d'ouvrage et les entrepreneurs ont été invités à répondre à plusieurs questions. Toutes les indications devaient être adressées à l'institut national compétent, qui avait pour mission de recueillir les informations, d'examiner les données et de les transmettre à l'institut chargé d'établir le rapport.

3.23 Conditions de comparabilité des prix de revient

Une comparaison portant sur la rentabilité des éléments de construction en acier et des éléments équivalents fabriqués à partir d'autres matériaux nécessite

1. la détermination de la consommation effective de main-d'œuvre pour la pose,
2. le calcul des prix des matériaux de construction sur la base d'une grande série.

Quand il s'agit de travaux présentant un caractère nouveau pour les travailleurs chargés de l'exécution, les dépenses entraînées par l'initiation au travail et l'accoutumance sont de nature à gonfler notablement le prix de revient. Aussi convient-il de déterminer, pour les divers éléments de construction en acier faisant l'objet de la comparaison:

- a) le niveau moyen des dépenses qu'entraîne la pose;
- b) la variation des dépenses pendant la durée des travaux;
- c) le niveau des dépenses pouvant être considéré comme normal pour chaque procédé examiné.

4. Résultats des études

4.1 Influence de la qualité dimensionnelle sur la main-d'œuvre nécessaire et sur le prix de revient des portes

4.11 Comparaison concernant la main-d'œuvre

Les répercussions d'un dimensionnement inexact lors de la fabrication et de la pose d'huisseries et de panneaux de porte ne sauraient être mieux déterminées que par la comparaison suivante:

1. La confrontation des écarts dimensionnels constatés avant la pose des huisseries avec les quantités d'heures de travail relevées pour cette opération permettrait de se rendre compte si ces

écarts ont une incidence réelle sur la main-d'œuvre dépensée. A cet égard il convient toutefois de considérer qu'un gros-œuvre aux dimensions imprécises – lorsque les huisseries ne sont posées qu'après coup – peut aussi influencer sur la consommation de main-d'œuvre.

2. La comparaison entre d'une part les écarts dimensionnels relevés sur les huisseries posées et les panneaux de porte livrés et d'autre part la main-d'œuvre nécessaire à la pose des huisseries, a permis de déterminer l'influence de la qualité dimensionnelle sur la main-d'œuvre que demande la pose des panneaux de porte.

Seuls les chantiers ci-après ont fourni des détails complets sur la main-d'œuvre nécessaire pour la pose des 40 portes à étudier:

Heemskerk
Höngen
Salzgitter
Welper

Le procédé ci-dessus ne permet donc de comparer que ces chantiers.

Cependant la comparaison des prestations moyennes de travail permettrait de dégager également certains indices quant à l'incidence de la qualité dimensionnelle sur la main-d'œuvre nécessaire. Mais cela suppose la comparabilité des huisseries et des méthodes de travail.

C'est d'après ce procédé qu'ont été comparées les portes mesurées sur les chantiers du Konacker, de Milan et les autres chantiers allemands, pour lesquels les entrepreneurs n'ont indiqué que la moyenne de la main-d'œuvre utilisée pour l'ensemble des 40 portes.

4.11.1 Le chantier expérimental néerlandais

4.11.11 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte

Pour la pose des panneaux de porte des 42 portes mesurées on a enregistré sur le chantier d'Heemskerk les valeurs suivantes, en ce qui concerne la dépense de main-d'œuvre (heure/porte).

	dépense minimale	dépense maximale	dépense moyenne
ouvrier qualifié	0,22	0,35	0,28
manœuvre	0,05	0,09	0,06
total:	0,27	0,44	0,34

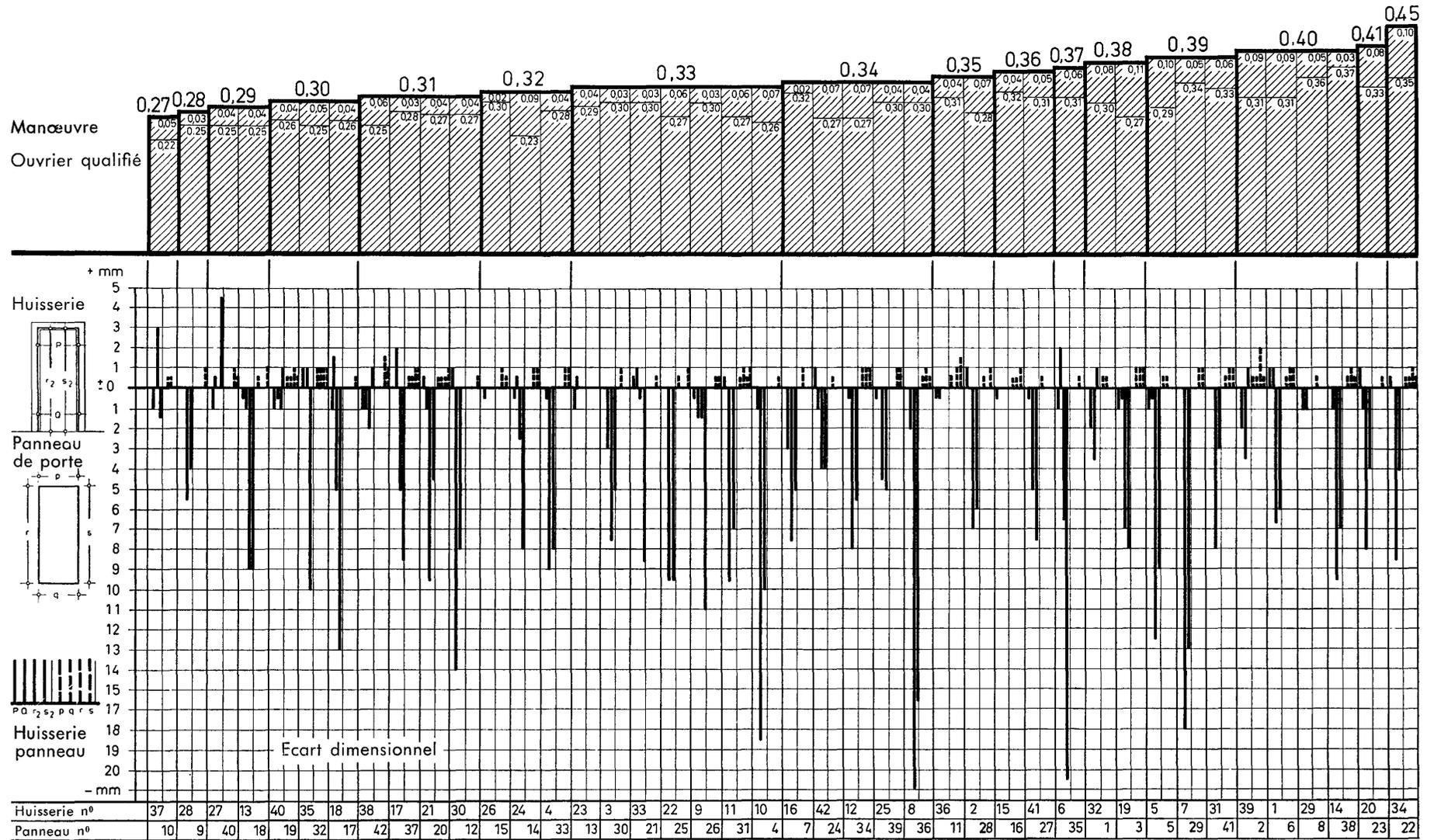
Par rapport au temps moyen nécessaire au montage d'une porte, l'écart par rapport au maximum est de 0,09 heure et l'écart par rapport au minimum de 0,08 heure, ce qui représente environ 5 à 6 minutes.

Le tableau ci-dessous mentionne les écarts moyens dimensionnels constatés pour les huisseries posées et les portes livrées (voir également pages 173 et 180).

	Haut p	Bas q	Côté gonds r 2	Côté serrure s 2
Huisseries après la pose	−0,19 mm	−0,24 mm	−7,44 mm	−6,31 mm
Panneaux de porte	+ 0,20 mm	+ 0,34 mm	+ 0,55 mm	+ 0,52 mm

Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte (h/porte)

Tableau 1



Vu les faibles écarts, il est difficile de déterminer l'influence de la qualité dimensionnelle, d'autant plus que le travail supplémentaire qu'exige l'ajustage des portes non correctement dimensionnées peut facilement être compensé par un temps de pause des ouvriers montant des portes correctement dimensionnées.

En outre les écarts dimensionnels des huisseries et des panneaux de porte peuvent coïncider, de sorte que, en dépit de l'imprécision dimensionnelle des éléments de construction, un ajustage correct peut alors être obtenu.

Malgré ces difficultés, on a essayé de déterminer sur le tableau 1 les effets d'une éventuelle imprécision dimensionnelle des huisseries à la pose ou les effets d'un écart dimensionnel des panneaux à la fabrication, en comparant, pour chaque porte, les écarts dimensionnels réels par rapport à la dimension nominale avec les temps de pose observés.

On a dans ce but classé les relevés suivant l'ordre croissant des dépenses de main-d'œuvre. Sous les différents résultats concernant la dépense de main-d'œuvre, on a porté les chiffres correspondant aux mesures des huisseries et des panneaux de porte.

L'examen du tableau permet de se rendre compte qu'une comparaison des différentes consommations de main-d'œuvre avec les dimensions correspondantes ne permet pas de tirer de conclusions quant à l'importance du rôle joué par un écart dimensionnel sur la consommation correspondante de main-d'œuvre. Les causes extérieures déjà décrites influent à tel point sur les résultats qu'il est impossible de faire ressortir, dans le cas considéré, une correspondance entre la dépense de main-d'œuvre et la précision dimensionnelle. En revanche, l'examen du résultat global montre qu'une augmentation des écarts dimensionnels fait apparaître une nette tendance à un accroissement des dépenses de main-d'œuvre. Il est hors de doute que la précision dimensionnelle contribue, à côté d'autres causes, à permettre d'obtenir une faible dépense de main-d'œuvre pour la pose d' huisseries et de panneaux de porte.

4.11.12 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des huisseries

Sur le chantier d'Heemskerk, les huisseries ont été posées avant le montage des cloisons.

Pour la pose des huisseries, on a enregistré les valeurs suivantes en ce qui concerne la consommation de main-d'œuvre:

	Consommation de main-d'œuvre		
	minimale	maximale	moyenne
Ouvrier qualifié	0,40	0,61	0,54
Mancœuvre	0,04	0,08	0,06
Total	0,44	0,69	0,60

Il a cependant été impossible de déterminer l'influence de l'imprécision dimensionnelle, notamment du degré de précision des angles des huisseries, sur le temps nécessaire à la pose, étant donné que l'on n'a pas mesuré les angles des huisseries, celles-ci n'étant pas très rigides (tôle mince).

Dans l'ensemble la dépense de main-d'œuvre est, en l'occurrence inférieure et de loin aux valeurs enregistrées pour le même travail sur les chantiers allemands décrits plus loin et le chantier du Konacker (France). Cela peut provenir des différences entre les méthodes de travail adoptées. En Allemagne les huisseries ont été posées après la réalisation des cloisons. Cette méthode de

mande en règle générale une dépense en main-d'œuvre plus grande que la pose des huisseries avant la réalisation des cloisons. L'influence de ce procédé sera exposée plus en détail dans la section 4.2.

4.11.2 Les chantiers expérimentaux allemands

4.11.21 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte

Parmi les chiffres calculés par les maîtres d'ouvrage et les architectes, ceux qui concernent les chantiers de Höngen et de Welper offrent les meilleures possibilités de comparaison. On a constaté que la pose des 40 panneaux de porte à Welper a demandé de 0,80 à 0,90 h de travail par panneau de porte. La moyenne s'établit à 0,84 h. L'écart du maximum et du minimum de temps par rapport à la moyenne n'est donc que de 2 à 3 minutes par panneau de porte.

Un examen minutieux des diverses dimensions et des divers temps passés par panneau de porte n'a pas permis d'attribuer les différences de temps aux différences de qualité dimensionnelle des huisseries posées ou des panneaux de porte livrés. En fait les faibles écarts ne peuvent provenir que d'arrêts de travail individuels des ouvriers ou d'autres facteurs.

Mais en réalité les dimensions des divers panneaux de porte et huisseries livrés sur le chantier de Welper sont aussi relativement précises (voir aussi le rapport sur la qualité des ajustements).

A Höngen on a relevé des écarts assez considérables concernant aussi bien les dimensions des huisseries posées que celles des angles de panneaux de porte livrés. Là encore on a constaté des variations assez importantes pour la main-d'œuvre. Le temps passé est de 0,8 à 1,1 h par huisserie.

Cependant, sur ce chantier comme ailleurs, il est impossible de déterminer, pour des huisseries considérées isolément, l'influence des imprécisions de dimension. Mais si l'on rapporte l'ensemble des dépenses supplémentaires de main-d'œuvre à la plus grande imprécision des dimensions, on obtient un supplément de travail, dû au manque de précision des dimensions des portes et huisseries, de l'ordre de 0,2 à 0,3 h par porte. C'est-à-dire qu'il a fallu de 25 à 30 % d'heures de travail de plus que pour la pose des panneaux de porte sur le chantier de Welper.

Le tableau ci-après montre l'incidence des heures supplémentaires relatives aux diverses opérations sur l'ensemble des temps de travail nécessaires à la pose des panneaux de porte.

Travaux préparatoires (déchargement, entreposage, transport des panneaux)	0,7 à 1,0 h/porte
Pose des panneaux de porte	0,8 à 0,9 h/porte
Heures supplémentaires du fait d'inexactitudes dans les dimensions des portes	0,2 à 0,3 h/porte
Pose des ferrures	0,3 à 0,4 h/porte
Travaux de finition	0,3 à 0,4 h/porte
<hr/>	
Total	
portes à dimensions exactes	1,9 à 3,0 h/porte
portes à dimensions inexactes	2,1 à 3,3 h/porte

Les dépenses supplémentaires de main-d'œuvre dues à l'imprécision dimensionnelle sont d'environ 10 à 12% de la dépense normalement nécessaire.

4.11.22 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des huisseries

Pour la pose des huisseries on a relevé, sur les chantiers de Höngen et Welper, les dépenses de main-d'œuvre suivantes:

Travaux préparatoires (déchargement, entreposage et transport)	0,10 à 0,50 h/huisserie
Pose	
Höngen	2,4 à 3,0 h/huisserie
Welper	1,9 à 2,2 h/huisserie
Travaux de finition	0,1 à 0,8 h/huisserie

Il est toutefois impossible d'affirmer avec certitude que les différences entre les temps de travail nécessaires à la pose des diverses portes soient en rapport avec la qualité dimensionnelle.

La variation de la moyenne des dépenses de main-d'œuvre est sans doute imputable en premier lieu à la méthode de travail employée, à l'effectif et à la composition de l'équipe de montage, ainsi qu'à l'aptitude individuelle des ouvriers.

Dans la section 4.2, on trouvera des précisions sur l'influence que les divers facteurs exercent sur le travail. De plus, la précision des dimensions des baies dans le gros-œuvre peut également avoir une influence sur le travail, étant donné que la pose des portes n'a eu lieu qu'après coup. Les baies n'ont cependant pas été mesurées séparément. L'architecte du chantier de Welper précise toutefois que les maçons qui y travaillaient ont scrupuleusement respecté les dimensions.

4.11.3 Le chantier expérimental français (Konacker)

4.11.31 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte

Les entrepreneurs ont indiqué comme temps moyen pour la pose des panneaux de porte 1,10 heure/porte.

Cette valeur se situe dans la zone de dispersion des temps enregistrés pour la pose des portes sur les chantiers allemands.

On constate également que les écarts dimensionnels concernant les huisseries posées (dimensions des côtés et angles) correspondent à peu près à ceux qui ont été constatés sur les chantiers allemands.

Le temps nécessaire à la pose des panneaux de porte est considérablement plus long que sur le chantier néerlandais et sur le chantier italien. Cette différence est probablement imputable à la plus grande imprécision des mesures des différentes portes.

4.11.32 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des huisseries

Sur le chantier du Konacker, le temps nécessaire à la pose des huisseries est de 1,5 heure/huisserie.

Il est impossible de vérifier si cette consommation de main-d'œuvre relativement élevée résulte d'une imprécision dimensionnelle, car on ne dispose, pour le chantier du Konacker, que de données globales en ce qui concerne les temps.

4.11.4 Le chantier expérimental italien (Milan)

4.11.41 Procédé de travail

Lors de la pose des huisseries sur le chantier italien, à Milan-Forlanini, on a atteint, comme à Heemskerk, une grande précision dimensionnelle. C'est pourquoi nous décrivons brièvement le procédé appliqué.

Les huisseries ont été posées avant l'exécution du mur. L'équipe se composait d'un ouvrier qualifié et d'un manœuvre. Comme outillage ils disposaient d'un gabarit, d'un chevalet et d'un fil à plomb.

La première opération consiste à mettre en place le gabarit selon les indications du plan. Ensuite, le gabarit est fixé au plafond à l'aide de manchons et de vis. Puis, les huisseries sont fixées au gabarit à l'aide de brides, après quoi elles sont scellées. La dernière opération consiste à enlever les brides et à démonter le gabarit.

4.11.42 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des huisseries

Ces travaux ont demandé 1,14 heure/huisserie, les temps étant les mêmes pour l'ouvrier qualifié et le manœuvre.

Pour déterminer ces temps, on a mesuré le temps nécessaire à la pose de 5 huisseries, après quoi on a fait la moyenne. On obtient pour les diverses opérations les temps suivants:

Description des éléments	Temps normal		
1.21 Pose du gabarit au plafond	170	x	¹ / ₁₀₀ minutes
1.22 Ajustage du gabarit	574	x	" "
1.23 Fixation du gabarit au plafond	172	x	" "
1.24 Contrôle de l'aplomb	725	x	" "
1.25 Ajustage de l'huisserie au gabarit	97	x	" "
1.26 Contrôle de la position	356	x	" "
1.27 Fixation de l'huisserie au gabarit	164	x	" "
1.28 Enlèvement du gabarit	198	x	" "
1.29 Transport du gabarit jusqu'au prochain emplacement de travail	167	x	" "
<i>Temps du cycle</i>	2 623	x	" "
Accroissement dû à la fatigue 12%	313	x	" "
Accroissement dû à des causes physiologiques 4%	104	x	" "
<i>Temps de production</i>	3 040	x	" "
Accroissement pour des raisons imprévues 12%	363	x	" "
<i>Temps alloué</i>	3 403	x	" "
Temps nécessaire au montage d'une huisserie:	1 maçon	0	heure 34 min
	1 manœuvre	0	heure 34 min
	Total:	1	heure 8 min

Le temps nécessaire à la pose des huisseries est plus long que sur le chantier d'Heemskerk, où les huisseries ont également été posées avant le maçonnerie.

Cela est dû probablement à l'application du procédé décrit ci-dessus. Mais celui-ci implique également un ajustage précis et une fixation parfaite des huisseries, de sorte que les huisseries ne puissent guère être déplacées lors de la pose. Les écarts dimensionnels à la pose sont faibles.

	Haut p mm	Bas q mm	Côté gonds r 2 mm	Côté serrure s 2 mm
Huisseries après la pose	— 0,25	— 1,27	— 0,88	— 0,20
Panneaux de porte	+ 0,28	+ 0,55	+ 0,90	+ 0,64

Etant donné que les panneaux de porte livrés présentaient également une très bonne qualité dimensionnelle, les temps supplémentaires nécessités par la pose de huisseries ont pu être compensés par la brièveté relative des temps nécessaires à la pose des panneaux de porte.

4.11.43 Dépenses de main-d'œuvre pour la pose des panneaux de porte

La pose des 40 panneaux de porte mesurés a demandé 0,20 heure.

Ce temps est nettement plus court que les temps enregistrés sur les chantiers allemands et au Konacker. Il est également plus court que celui qui a été enregistré sur le chantier d'Heemskerk.

Comme nous l'avons déjà dit dans le paragraphe précédent il se peut que cela soit dû en premier lieu au procédé spécial appliqué pour la pose des huisseries, mais également à la bonne qualité dimensionnelle des panneaux de porte.

4.12 Comparaison des prix de revient des portes

Pour la comparaison des prix de revient des portes on a déterminé les frais de salaire, y compris les charges sociales, les frais de matière première et les frais généraux afférents aux portes des chantiers spécialement désignés dans les directives d'exécution.

Ces prix de revient figurent sur le tableau 2 où ils ont été exprimés en unités de compte A.M.E.

La composition de ce tableau montre que les dépenses totales pour la fourniture et le montage de portes avec cadres en acier sur les quatre chantiers, de même que les différents éléments des coûts, ont présenté de grandes différences.

Les charges sociales sont les plus élevées sur le chantier allemand, par suite de la plus grande dépense de main-d'œuvre et des salaires horaires élevés. Les frais de fourniture sont également, sur le chantier allemand, les plus importants.

En résumé la situation se présente ainsi:

	Dépenses totales en u.c. A.M.E.	Pourcentage de charges salariales, y compris charges sociales
Allemagne	21,53	17,6 %
France	18,95	12,1 %
Italie	15,18	8,1 %
Pays-Bas	14,68	6,8 %

Tableau 2

Comparaison des portes avec chambranles, dimensions 88x201/15 cm		Salzgitter (Allemagne)				Konacker (France)				Milan (Italie)				Heemskerk (Pays-Bas)				
		OQ	A	M	Total	OQ	A	M	Total	OQ	A	M	Total	OQ	A	M	Total	
Main- d'œuvre ⁽¹⁾	Travaux préparatoires	}	1,85	1,05	—	2,90	1,50	—	—	1,50	0,10	0,23	—	0,33	0,02	0,04	—	0,06
	Huisseries		—	—	0,75	0,75	—	—	0,50	0,50	—	—	0,20	0,20	—	0,02	0,32	0,34
	Panneaux de porte		—	—	0,90	0,90	—	—	0,50	0,50	—	—	0,07	0,07	—	—	0,23	0,23
	Ferrage		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total			1,85	1,05	1,65	4,55	3,00	—	1,00	4,00	0,67	0,80	0,27	1,74	0,56	0,12	0,55	1,23
Frais de salaires	ouvrier qualifié	OQ	DM 5,24				NF				L 305				fl. 1,27			
	manœuvres	A	DM 2,73				NF				L 320				fl. 0,25			
	menuisier	M	DM 3,84				NF				L 148				fl. 1,25			
Total			DM 11,81				NF 7,60				L 773				fl. 2,77		u.c. 0,72	
Charges sociales %			33 % DM 3,90				50 % NF 3,80				sont compris dans les frais de salaires				37,7 % fl. 1,07		u.c. 0,27	
Fournitures:			DM 29,—				NF 18,62				L 2500				fl. 22,83			
	— huisserie		DM 25,—				NF 16,47				L 3670				fl. 17,—			
	— panneaux de porte		DM 14,85				NF 8,06				L 570				fl. 5,35			
	— ferrures										L 1010 (supplément)							
Total			DM 68,85				NF 43,15				L 7750				fl. 45,18		u.c. 11,75	
Frais généraux (en %):			DM 2,60				NF 6,96				L 230				fl. 1,20			
	— machines		DM 0,70				NF 3,61				L 70				fl. 2,30			
	— équipement chantier		DM 1,40				NF 13,99				L 372				fl. 2,41			
	— frais exploitation		DM 0,48				NF 14,87				L 354				fl. 1,48			
	— impôts																	
Frais généraux			DM 5,18				NF 39,43				L 1026				fl. 7,39		u.c. 1,94	
Salaires			DM 11,81				NF 7,60				L 773				fl. 2,77		u.c. 0,72	
Charges sociales			DM 3,90				NF 3,80				L —				fl. 1,05		u.c. 0,27	
Frais de fourniture			DM 68,85				NF 43,15				L 7750				fl. 45,18		u.c. 11,75	
Frais généraux			DM 5,18				NF 39,43				L 1026				fl. 7,39		u.c. 1,94	
Total			DM 89,74				NF 93,98				L 9549				fl. 56,39		u.c. 14,58	

Parité au 1-1-1960. (1) OQ = Ouvrier qualifié. A = Manœuvre. M = Menuisier.

4.2 Méthodes de travail et dépenses de main-d'œuvre pour la pose des huisseries en acier

L'étude suivante vise à déterminer les méthodes de travail, les heures de travail fournies et les prix de revient pour la pose des huisseries métalliques utilisées dans le cadre du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A., et à comparer ces diverses données entre elles ainsi qu'avec celles concernant les éléments de construction traditionnels (portes avec habillage d'embrasure et chambranle en bois). L'étude peut contribuer à la mise au point de méthodes économiques de pose.

4.21 Méthodes de travail (photos 1—4)

La pose des huisseries métalliques⁽¹⁾ se fait d'après deux procédés différents:

- 1) pose avant exécution des murs (v. photo 2),
- 2) pose dans la maçonnerie achevée (v. photos 3 et 4).

Le premier procédé (photo 2) a les avantages suivants: l' huisserie sert en même temps de gabarit au maçon et le façonnage des trous de scellement est supprimé, ce qui, dans l'ensemble, peut réduire considérablement la main-d'œuvre.

Ce procédé peut entraîner des difficultés du fait de l'étaiyage et de l'étrésillonnement des huisseries. L'entretoisement à l'aide de planches réduit l'espace de travail. Si l'étrésillonnement en diagonale n'est pas possible, on peut assujettir l' huisserie par des étais verticaux. En Allemagne, par exemple, on a bloqué deux planches entre le plancher et le plafond. On y a fixé l' huisserie avec du fil de fer après l'avoir amenée à la hauteur exacte. A la partie inférieure, des blocs maçonnés empêchent le déplacement latéral des huisseries.

Il convient de veiller à ce que les huisseries ne se déforment pas pendant le maçonage. On peut citer comme inconvénient la difficulté pour les maçons de tendre leurs cordeaux, du fait que l' huisserie déborde sur les deux faces du mur.

A la livraison la partie inférieure de l' huisserie est munie d'une entretoise qui assure la rigidité pendant le transport. Cette entretoise est ordinairement enlevée ou dessoudée après la pose.

Sur les chantiers allemands du programme elle n'a pas été retirée, la plupart du temps, parce qu'on était insuffisamment familiarisé avec cette opération. On l'a plutôt utilisée comme support. Mais il faut alors s'y prendre avec le plus grand soin, pour que l'entretoise ne puisse se plier et modifier ainsi la dimension de la feuillure inférieure de la porte. De plus, en cas de chape flottante, il convient de veiller à une exécution convenable de l'isolation phonique, et d'éviter que celle-ci ne soit interrompue par les entretoises.

Sur le chantier italien on a appliqué un procédé spécial, qui a été décrit au chapitre 4.1, p. 298.

C'est grâce à ce procédé que les difficultés ci-dessus ont pu être évitées. Il est impossible de déplacer les huisseries lors de la pose, étant donné qu'elles sont fixées à des gabarits qui, eux sont fixés au plafond.

Lorsqu'on applique le second procédé (photos 3 et 4), où les huisseries sont posées après le maçonage, les inconvénients ci-dessus sont supprimés d'emblée. La mise en place, l'ajustage et le bétonnage se succèdent en une seule opération.

⁽¹⁾ Une description détaillée figure dans le rapport sur l'utilisation de l'acier.



Photo 1
Essen-Frintrop
Huisseries en acier entreposées sur le chantier
avant montage

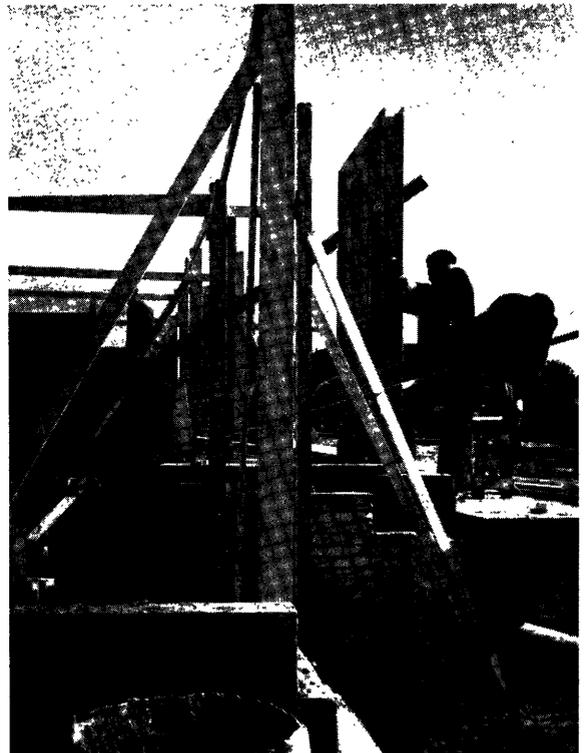


Photo 2
Heemskerk
Montage des huisseries



Photo 3
Salzgitter-Lebenstedt
Fixation du coffrage pour le coulage d'une
huisserie posée dans la maçonnerie finie

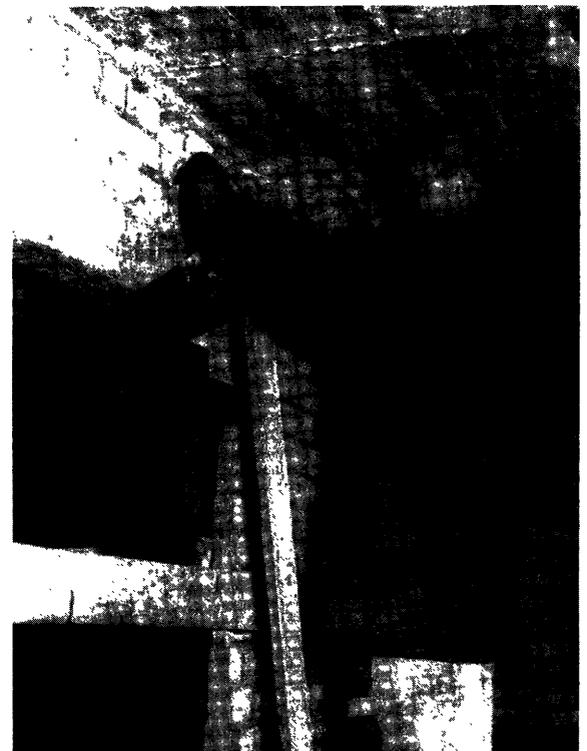


Photo 4
Salzgitter-Lebenstedt
Coulage du mortier de ciment autour de
l'huisserie métallique

Cette méthode exige cependant un travail spécial, à savoir le façonnage des trous de scellement en vue de la fixation des huisseries (en général, trois de chaque côté de l' huisserie), et le coffrage nécessaire pour le coulage du mortier de ciment autour de l' huisserie. Le mortier est introduit par le haut. L' huisserie doit toujours être étayée en deux ou trois endroits. Lors du scellement, il convient notamment d' empêcher la formation de vides.

A Salzgitter, la Wohnungs-AG a mis au point un procédé spécial pour la pose des huisseries après coup: les baies sont maçonnées en dents de scie, ce qui évite de pratiquer des trous de scellement, et permet de réaliser une bonne liaison entre la maçonnerie, le béton et l' huisserie. Une huisserie spéciale a été mise au point pour ce procédé.

4.22 Main-d'œuvre

En Allemagne, les huisseries sont livrées par le fabricant sur le chantier. Le prix soumissionné comprend les frais de transport.

Le déchargement, l' entreposage et la pose sont effectués par l' entrepreneur chargé du gros-œuvre.

Les entrepreneurs ont indiqué les dépenses de main-d'œuvre pour la pose des huisseries et des panneaux de portes.

D'après ces indications la main-d'œuvre nécessaire à la pose postérieure au maçonnerie est de 3,00 à 4,70 h/huisserie.

En raison du fait que les ouvriers (maçons) n' étaient pas encore familiarisés avec la pose, des économies considérables d' heures de travail ont été réalisées au cours des travaux de construction, comme le montre le tableau suivant:

	Main-d'œuvre initiale	Main-d'œuvre minimale	Moyenne
Höngen	4,05	3,45	3,75
Moers	3,50	2,50	3,00
Welper	4,70	3,75	4,35

Ces chiffres comprennent les heures de travail du poseur qualifié fourni par le fabricant. Celles-ci varient entre 0,75 et 0,6 h/huisserie.

En déduisant ces heures, qui ne sont plus nécessaires lorsque les ouvriers sont au courant, on obtient les chiffres suivants:

2,75 à 1,9 heures.

Le scellement des huisseries à Salzgitter a nécessité les opérations suivantes (équipe composée de 2 ouvriers qualifiés et d' un manœuvre):

Main-d'œuvre en h/m² d' huisserie ⁽¹⁾ (après initiation des ouvriers)

	Ouvriers qualifiés	Manœuvres	Total
Coffrage, étayage, calage et équilibrage de l' huisserie	0,40	—	0,40
Préparation du mortier	0,13	0,27	0,40
Scellement	0,30	0,15	0,45
	0,83	0,42	1,25

⁽¹⁾ Transport, pose et ajustement non compris.

Comme sur les chantiers allemands toutes les huisseries ont été posées après coup et que, de ce fait, on ne dispose pas de données directement comparables, en ce qui concerne la pose des huisseries avant maçonnerie, l'Institut a fait effectuer, sur un chantier de construction modèle du ministère fédéral du logement, dont il suit l'activité, un examen des deux procédés dans des conditions analogues. Dans les deux cas, les ouvriers chargés des travaux étaient des maçons initiés aux méthodes en question et appartenant à la même entreprise. Cet examen a permis de relever les temps moyens suivants pour la pose des huisseries dans des murs non porteurs, d'une épaisseur de 11,5 cm (huisseries en U):

Pose	Pose avant maçonnerie	Pose après maçonnerie
h/huisserie	0,23	0,94 (0,29 pour l'ajustage) (0,65 pour le coulage du mortier)

Sur un autre chantier expérimental, on a obtenu les temps de travail suivants:

Pose avant maçonnerie	Pose après maçonnerie
0,24—0,30	1,5—2,0 h/huisserie

Dans chaque cas, le travail a été effectué par 2 ouvriers.

La main-d'œuvre nécessaire à la pose après réalisation du mur est donc d'environ quatre à huit fois plus importante que pour la pose effectuée avant maçonnerie. Si l'on compare les dépenses de main-d'œuvre enregistrées sur les chantiers français, italiens et néerlandais, on obtient une image analogue.

A Heemskerk, où les huisseries ont été posées avant maçonnerie, la dépense de main-d'œuvre moyenne a été de 0,4 heure.

A Milan, les huisseries ont également été posées avant le maçonnerie, mais suivant un procédé spécial qui permet d'atteindre la plus grande précision dimensionnelle possible, ce qui se traduit par des économies lors de la pose des panneaux de porte. Ici la dépense de main-d'œuvre moyenne pour la pose des huisseries a été d'environ 1,1 heure.

Des dépenses de main-d'œuvre plus importantes ont été enregistrées sur le chantier du Konacker où les huisseries avaient été posées avant le maçonnerie des cloisons (1,5 heure/huisserie).

Sur les chantiers allemands du programme, les dépenses de main-d'œuvre sont de loin supérieures. Elles sont de 2 à 4 heures/huisserie. C'est que les entrepreneurs y posaient pour la première fois des huisseries en acier.

Il ressort de la comparaison qu'en continuant à utiliser des huisseries en acier, on pourra réaliser des économies.

Celles-ci peuvent encore être notablement accrues quand les huisseries sont posées avant maçonnerie. Mais il ressort aussi de la comparaison que les méthodes de travail et l'organisation des chantiers peuvent avoir une incidence sensible sur la main-d'œuvre et, partant, sur le prix de revient.

4.23 Comparaison des coûts par rapport aux éléments de construction traditionnels

Les entrepreneurs et architectes avaient été invités à fournir des données permettant une comparaison des coûts avec les portes en bois traditionnelles.

Pour le chantier néerlandais on a signalé que la pose d'huisseries en acier était plus chère de 30 % que celle d'huisseries en bois (pour des murs dont l'épaisseur est égale à une demi-brique).

L'entrepreneur français a indiqué que les portes montées sur huisseries d'acier revenaient à peu près au même prix que les portes avec habillage d'embrasure et chambranle en bois.

Pour les chantiers d'Essen-Frintrop et de Gladbeck on a déclaré que les dépenses supplémentaires de main-d'œuvre pour la pose d'huisseries en acier atteignaient 6 %. On a fait remarquer toutefois que ces dépenses résultaient essentiellement du fait que les huisseries étaient posées après le maçonnerge.

Pour une série de constructions de référence de l'«Institut für Bauforschung», on a trouvé, pour les portes en bois avec habillage d'embrasure et chambranle en bois (portes intérieures), pour des murs de 11,5 ou 24 cm d'épaisseur, des prix de revient de 70,- à 110,- DM (non compris les travaux de peinture).

Pour des portes similaires à huisseries d'acier, on a obtenu, d'après les constructions expérimentales allemandes, les valeurs suivantes pour la pose des huisseries cornières et des huisseries en U (v. aussi tableaux 3a et 3b):

	Huisseries cornières	Huisseries en U	
	DM	11,5 cm DM	24 cm DM
Fourniture des huisseries	12,00—16,00	22,00— 27,00	29,00— 37,00
Pose des huisseries	7,50—11,50	5,00— 9,00	5,00— 9,00
		(pose avant le maçonnerge)	
Fourniture des panneaux de porte	25,00—35,00	25,00— 35,00	25,00— 35,00
Pose des panneaux de porte	7,00—11,00	7,00— 11,00	7,00— 11,00
Ferrures	7,00—15,00	7,00— 15,00	7,00— 15,00
	58,50—88,50	66,00— 97,00	73,00—107,00
Dépenses supplémentaires entraînées par la pose après coup	—	5,00— 10,00	5,00— 10,00
		71,00—107,00	78,00—117,00

Il en ressort que le prix de revient des portes à huisseries d'acier en U se situe encore dans la zone de dispersion des prix afférents aux portes en bois. Par contre, l'utilisation d'huisseries cornières en acier permet d'abaisser les prix par rapport à la pose avec habillage d'embrasure et chambranles en bois. En appliquant des procédés rationnels, on peut réaliser des économies susceptibles éventuellement de rendre encore plus rentables les portes à huisseries d'acier. Il est à noter qu'il n'a pas encore été tenu compte des dépenses légèrement moindres pour les travaux de peinture, en cas d'utilisation de portes à huisseries d'acier. Si la zone de dispersion diffère pour les portes à huisseries d'acier, cela est dû au fait que les frais de matière première afférents aux huisseries, panneaux de porte et ferrure diffèrent selon le domaine d'application et la qualité.

En tout cas, un calcul comparatif s'impose pour tout nouveau chantier. En fait, dans certaines régions de la République fédérale, les huisseries d'acier se sont imposés de façon assez notable.

Elles sont utilisées notamment en raison des avantages qu'elles présentent en ce qui concerne la séparation et l'accélération des travaux de finition.

4.24 *Appréciation générale*

Les observations faites et les expériences acquises communiquées par les chantiers étudiés d'Allemagne, de France, d'Italie et des Pays-Bas permettent de se rendre compte de la rentabilité des différents procédés.

L'ordre couramment adopté en Allemagne pour la pose de portes avec habillage d'embrasure et chambranles en bois exige que les ouvriers des divers corps d'état viennent à plusieurs reprises sur le chantier parachever leur travail. Il s'ensuit donc des travaux supplémentaires, tant pour le montage des portes (adaptation au gros-œuvre qui ne répond pas toujours aux dimensions prescrites, pose de baguettes de recouvrement) que pour les enduits.

Avec les méthodes de travail employées en Allemagne, l'avantage que présente la pose d'huisseries métalliques est que les enduits peuvent être exécutés en une seule fois sans travaux supplémentaires, ce qui contribue au déroulement régulier et sans heurts des travaux de construction proprement dits et simplifie les travaux de finition. Avec les types d'huisseries en bois utilisées en France et aux Pays-Bas, cet avantage, si manifeste en Allemagne, n'entre plus en ligne de compte.

La pose des huisseries en acier a eu lieu:

1° avant le maçonnerage des murs,

2° après le maçonnerage des murs.

Avec le premier procédé, la dépense de main-d'œuvre peut être d'environ 70 à 80 % inférieure à celle de la pose après le maçonnerage. Il exige cependant l'observation exacte des cotes lors de la mise en place et un travail soigné de la part des maçons. Il importe que la pose des huisseries et l'exécution des chapes soient harmonisées pour que les panneaux de portes se trouvent partout à la même hauteur, sans que les portes n'aient besoin de retouches.

Les observations faites sur les chantiers d'Heemskerk et de Milan ont démontré qu'il était possible de travailler avec une bonne précision dimensionnelle, même si les huisseries étaient posées avant le maçonnerage.

Sur la plupart des chantiers allemands du deuxième programme, c'est la première fois que les maîtres d'ouvrage, architectes et entrepreneurs intéressés utilisaient des huisseries d'acier.

Aussi a-t-on eu souvent recours, pour la pose, à un monteur fourni par le fabricant. Dès lors, les temps de travail nécessaires à la pose ne sauraient être non plus considérés comme ayant une valeur générale. En raison du manque d'expérience, on a préféré effectuer la pose après le maçonnerage, car elle est plus facile à exécuter du point de vue technique, mais, comme il a été démontré dans le présent rapport, le montage après coup exige davantage de main-d'œuvre que celui effectué avant le maçonnerage.

Les frais de pose des portes dans des huisseries en acier se situent, dans les conditions existant en Allemagne, à l'intérieur de la fourchette des frais afférents aux portes de bois traditionnelles avec habillage d'embrasure et chambranles en bois. Il y aurait lieu d'effectuer isolément un calcul précis de la rentabilité pour chaque cas.





Il ressort de l'ensemble des expériences recueillies que l'utilisation d'huisseries métalliques sera possible dans les projets de construction qu'auront à réaliser ultérieurement les maîtres d'ouvrage du deuxième programme. D'une manière générale on pourrait probablement contribuer à répandre en Allemagne l'usage des huisseries métalliques en mettant les entrepreneurs au courant des méthodes de travail efficaces.

D'autres études devraient être entreprises en vue d'examiner si, et à quelles conditions, il est possible de monter directement sur les huisseries métalliques des portes entièrement terminées, c'est-à-dire peintes, vernies et munies de toutes les ferrures, afin de faire ainsi l'économie de travaux supplémentaires sur le chantier.

4.3 Murs

4.31 Procédé «Hoesch»

Après la première guerre mondiale, à la suite d'essais américains et anglais, des maisons d'habitation en acier ont également été construites en Allemagne. Mais ces maisons en tôles, lamelles et châssis d'acier ne se sont pas imposées alors. L'ossature en acier n'a pratiquement été utilisée que pour les immeubles à plusieurs niveaux.

Toutefois, au cours des dernières années, des procédés de construction en acier pour les immeubles d'habitation comptant jusqu'à 4 niveaux, dont tous les éléments sont préfabriqués, ont été mis au point en France et en Allemagne (p. ex. procédés «Domofer» et «Hoesch»). C'est pourquoi ces procédés présentent un intérêt certain, eu égard à l'utilisation croissante des éléments préfabriqués. Dans le procédé «Hoesch», la structure portante est constituée par une ossature en acier que l'on remplit et revêt de plaques Durisol (copeaux de bois liés par du ciment). Ces plaques, recouvertes d'un enduit extérieur, sont assemblées par du bitume de plasticité durable. Pour les murs de refend et les murs mitoyens, on utilise des briques diabasiques en Durisol remplies de béton lourd. Les parois intérieures, plus légères, sont fabriquées avec des plaques de plâtre préfabriquées de la hauteur de la pièce. Pour les planchers on utilise des plaques en béton de ponce collées sur l'ossature en acier. La couverture est en tôle d'acier ondulée. La structure portante des escaliers est en tôles d'acier. Une description détaillée de ce procédé figure dans le rapport sur l'utilisation de l'acier (voir page 242).

4.31.1 Main-d'œuvre

L'institut a relevé la dépense de main-d'œuvre nécessaire à la construction des 54 logements de Dortmund-Scharnhorst. Au cours de cette construction expérimentale les rendements réalisés n'ont pas encore atteint leur niveau optimal. Afin de permettre une meilleure comparaison, le gros-œuvre des 54 logements a en effet été réparti entre trois entrepreneurs différents. Il est probable que, si un seul entrepreneur avait assuré successivement l'exécution des divers immeubles, les ouvriers se seraient mis au courant plus complètement et que le rendement aurait été meilleur.

Le montage sur le chantier des éléments en acier, le remplissage et le revêtement des murs ont, d'après les constatations faites, demandé la main-d'œuvre reproduite à la page suivante:

Par rapport au travail que demandent d'autres modes de construction on constate, en ce qui concerne les murs extérieurs, une économie au profit de l'ossature en acier. En revanche, les murs intérieurs en éléments préfabriqués nécessitent une dépense de main-d'œuvre plus grande que les murs en maçonnerie.

	Mur extérieur	Cloison intérieure	Plancher
Montage de l'ossature en acier	0,72	0,48	0,61
Remplissage en plaques Durisol et pose des dalles de plancher	1,41	1,11	0,67
Revêtement intérieur des murs	0,47	0,94	0,55
Dépense de main-d'œuvre en h/m ² de surface murale ou de plancher pour la moyenne de toutes les maisons	2,60	2,53	1,83
Dépense de main-d'œuvre en h/m ² de surface murale ou de plancher	2,20	2,03	1,59
Pour la comparaison: dépense moyenne de main-d'œuvre pour des murs épais de 24 cm en briques perforées et pour des planchers en béton armé confectionnés sur place	3,00	2,15	1,40

Les planchers en dalles préfabriquées ont nécessité un assez grand travail, moins imputable cependant au système en lui-même qu'à des défauts dans l'organisation du travail lors de la pose des dalles.

Dans l'ensemble, la main-d'œuvre est encore trop importante si l'on tient compte du travail nécessaire à la préfabrication des éléments d'ossature. Mais les résultats obtenus sur les chantiers expérimentaux montrent qu'une utilisation en plus grande série permettrait de réduire la main-d'œuvre. C'est ce que prouvent les accroissements de rendement enregistrés à Dortmund pour une série relativement faible, et qui varient, pour les divers travaux, entre 12,5 et 63 %. On peut donc s'attendre à une réduction correspondante du coût des constructions ultérieures.

4.31.2 Comparaison des coûts par rapport aux procédés de construction traditionnels

Afin de comparer les coûts du procédé «Hoesch» par rapport aux procédés de construction traditionnels il convient de considérer les frais de salaire, y compris les suppléments pour charges sociales et frais généraux, calculés sur la base du temps de travail relevé, ainsi que les prix des matériaux de construction. On a pris pour base de la comparaison le meilleur rendement enregistré pour les constructions expérimentales de Dortmund-Scharnhorst. Comme il a été déjà souligné ci-dessus, les moyennes de la main-d'œuvre nécessaire étaient encore relativement élevées – du fait que les ouvriers n'étaient pas, au début, encore familiarisés avec les procédés – de sorte que l'on peut admettre que les meilleurs rendements enregistrés correspondent sensiblement aux rendements moyens qui seront réalisés par la suite.

Le tableau 4 indique les prix de revient de divers éléments de construction (murs et planchers). Il donne en outre les prix de revient – calculés sur la base de la moyenne de nombreux chantiers – pour des éléments de construction similaires de type traditionnel.

Dans presque tous les cas il ressort que les coûts des éléments de construction du procédé «Hoesch» – calculés sur la base des rendements initiaux ou moyens – sont plus élevés que ceux des éléments traditionnels analogues.

Comparaison des prix de revient de différents éléments de construction

Tableau 4

Procédé « Hoesch » (éléments préfabriqués à ossature acier)						Procédé traditionnel	
Elément de construction	Description	Dépenses de main-d'œuvre heures/m ²	Dépenses salariales DM/m ² (1)	Frais de matériel DM/m ² (1)	Total des frais DM/m ² (1)	Description	Total des frais DM/m ² (1)
Murs extérieurs	Ossature en acier	0,63—0,89	4,16—5,89	6,22	10,38—12,11	Maçonnerie 24 ou 30 cm d'épaisseur, enduit intér. et extérieur	
	Remplissage (Durisol)	1,10—1,69	4,97—7,85	10,35	15,32—18,20		
	Revêtement intérieur (2)	0,47	2,15	3,44	5,59— 5,59		
Comparaison de prix de revient:					31,29—35,90		32,50—37,50
Murs extérieurs	Ossature en acier	0,43—0,58	2,84—3,84	4,00	6,84— 7,84	Maçonnerie 24 cm d'épaisseur avec enduit des côtés	
	Remplissage	0,63—1,67	3,00—7,30	7,77	10,77—15,07		
	Revêtement mural (2)	0,94	4,30	6,88	11,18—11,18		
Comparaison de prix de revient:					28,79—34,09		20,00—21,00
Planchers (sans revêtement de sol)	Ossature en acier	0,54—0,73	3,58—4,82	5,09	8,67— 9,91	Planchers en béton armé avec enduit (sans revêtement de sol)	
	Dalles de planchers (Bims)	0,50—0,96	2,24—4,26	11,60	13,84—15,86		
	Revêtement (2)	0,55	2,55	4,18	6,73— 6,73		
Comparaison de prix de revient:					29,24—32,50		23,50—24,00
Cloisons	Eléments de coffrage	1,25	5,54	9,80	15,34	Maçonnerie 24 cm d'épaisseur avec enduit des deux côtes	
	Revêtement mural (2)	0,94	4,30	6,88	11,18		
Comparaison de prix de revient:					26,52		20,00—21,00

(1) Valeur minimale et maximale par mètre carré de surface murale ou de plancher.

(2) Revêtement en placoplâtre (Rigips).

En déterminant au contraire les coûts des éléments de construction du procédé «Hoesch» à partir des meilleurs rendements obtenus dans chaque cas, on constate qu'ils sont du même ordre de grandeur que ceux des éléments traditionnels.

Pour les murs extérieurs le procédé «Hoesch» réalise une faible économie. Quant aux murs porteurs intérieurs ils reviennent moins cher en maçonnerie.

Le coût global de la construction (offre de prix) en éléments préfabriqués s'élève à 375,- DM par mètre carré de surface habitable. C'est beaucoup, si l'on considère le lieu et la période d'exécution des travaux.

Toutefois, les constructions qui font l'objet de la présente étude comportent des aménagements spéciaux qui ne sont pas prévus ordinairement en Allemagne. Citons les vide-ordures, les penderies encastrées dans la chambre des parents et la chambre des enfants, le vitrage en verre isolant, etc. La Haute Autorité de la C.E.C.A. a, en outre, imposé pour ces constructions des exigences spéciales qui ont entraîné un emploi accru d'acier. En faisant abstraction de ces éléments, on réduirait le coût de la construction d'environ 2,4 %. En déduisant également du coût de la construction (offre de prix) les frais afférents aux aménagements et aux matériaux spéciaux on obtient un coût de construction d'un montant d'environ 333,- DM par m² de surface habitable pour un logement (par ailleurs identique) (y compris les installations fixes de la cuisine).

Le même maître d'ouvrage qui a édifié les constructions expérimentales de Dortmund-Scharnhorst a en même temps, à titre de comparaison, fait construire, dans la même ville et dans des conditions analogues, un certain nombre de logements similaires avec murs en briques perforées et planchers en béton armé. Le coût de ces constructions s'est élevé à 346,- DM par m² de surface habitable.

Or, si l'on compare les prix des divers éléments d'une construction traditionnelle avec ceux du système à ossature, on constate en fait que le système traditionnel revient moins cher. Cela est compréhensible car, en adoptant un nouveau système de construction, l'entrepreneur court un risque dont il doit tenir compte (cf. aussi le rapport sur l'examen des offres des entrepreneurs).

Il est toutefois à noter qu'en dépit des prix élevés de certains éléments, le coût des constructions expérimentales n'a pas dépassé celui des constructions effectuées suivant d'autres procédés auxquelles on les a comparées, à condition de laisser de côté les aménagements spéciaux qui, en l'occurrence, sont venus s'ajouter à ceux que l'on prévoit d'ordinaire.

4.32 Procédé «Domofer»

4.32.1 Description (1)

Le procédé «Domofer» consiste essentiellement dans l'emploi de tôles d'acier et de poutres en tôle spécialement profilées pour la charpente porteuse, les éléments de la façade et la couverture. Les murs intérieurs sont en carreaux de plâtre. Les poteaux et les traverses sont en profilés légers en U que l'on monte en portiques sur le chantier qui, mis en place à la grue, constituent l'ossature porteuse. A l'exception des fondations et des murs des caves, tous les éléments de construction sont fabriqués en usine.

(1) Une description détaillée figure dans le rapport sur l'utilisation de l'acier (p. 244).

4.32.2 Main-d'œuvre

Sur le chantier de Florange on a déterminé la dépense de main-d'œuvre nécessaire à la construction de 112 logements de ce type. La dépense globale de main-d'œuvre sur le chantier a été de 163 703 heures, dont 60 % concernant les ouvriers spécialisés et 40 % les manœuvres et apprentis. Si l'on applique ce chiffre aux différents types de construction, on obtient la répartition suivante:

	Total des heures ouvrées sur le chantier	Nombre d'heures par logement	Nombre d'heures par m ² de surface habitable
Type A, B, C	62 062	1 292	21,8
Type D, F	101 640	1 589	22,9

A cela s'ajoutent encore les heures d'atelier pour la fabrication des éléments de construction en acier et des éléments préfabriqués. Nous ne disposons pas de chiffres précis à ce sujet. Aussi ne pouvons-nous indiquer que la répartition en pourcentage de la dépense globale de main-d'œuvre:

Préfabrication en atelier	16 %
Construction des fondations et des caves sur le chantier	12 %
Montage sur le chantier	44 %
Parachèvement	28 %

Pour les éléments de construction en acier le nombre total d'heures de travail, tant à l'atelier que pour le montage sur chantier, est de 20 450 heures qui se répartissent comme suit:

Éléments de construction	Nombre d'heures	Poids ou dimension	Main-d'œuvre	Dépense supplémentaire de main-d'œuvre pour le transport et l'entreposage
Ossature	9 000	171 t	52,6 h/t	4,35 h/t
Planchers	4 450	193 t	23,1 h/t	7,60 h/t
Façades	1 400	5 940 m ²	0,24 h/m ²	0,40 h/m ²
Toiture	2 450			
Huisseries	2 450			
Volets roulants	700			
Total	20 450 h			

Il faut y ajouter 4 580 heures représentant la main-d'œuvre supplémentaire nécessitée par le transport des éléments ouvrés jusqu'au chantier avec stockage spécial, ce qui donne une dépense totale de main-d'œuvre de 25 030 heures.

4.32.3 Prix de revient

Selon les indications fournies par l'entrepreneur général du chantier de Florange, les prix de revient des 112 logements comprennent les éléments suivants:

1) Dépenses salariales:

Ensemble des salaires		NF 468 808	
Charges sociales	52,38 %	245 562	
Indemnités	15 %	65 016	NF 779 386

2) Equipement du chantier:

Installation des machines et appareils		NF 6 716	
Amortissement des machines et appareils	}	70 027	
Réparation des machines et appareils			
Frais généraux du chantier		119 684	NF 196 427

3) Fourniture des éléments de construction en acier:
(taxes comprises)

Ossature		NF 368 820	
Fenêtres		217 810	
Toiture		94 380	
Planchers et escaliers		143 580	
Huisseries		25 320	
Volets roulants		19 160	NF 869 070

4) Fourniture des autres matériaux et éléments:

NF 503 200

5) Travaux complémentaires:

Installations de chauffage (taxes comprises)		NF 365 024	
Travaux secondaires		21 123	NF 386 147

6) Frais généraux:

Frais généraux sur le chantier		NF 170 705	
Frais généraux du siège		303 000	NF 473 705

7) Impôts – T.V.A. en dehors des postes où
elle est déjà incluse:

NF 261 110

Prix de revient total

NF 3 469 045

Ainsi le prix de revient par logement et par mètre carré de surface habitable est (comparaison monétaire, situation au 1-1-1960):

par logement	NF 30 973	6 245 unités de compte A.M.E.
par m ² de surface habitable	NF 463	94 unités de compte A.M.E.

4.32.4 Comparaison avec d'autres procédés de construction

4.32.41 Main-d'œuvre

La construction des 112 logements a nécessité sur le chantier de Florange 21,8 – 22,9 heures par m² de surface habitable.

On peut admettre que la préfabrication en atelier a nécessité environ 3,5 heures par m² de surface habitable. La dépense de main-d'œuvre sur le chantier et pour la préfabrication donne au

total une moyenne de 25 à 26 heures par m² de surface habitable. En revanche, les logements comparables de type traditionnel (maçonnerie avec planchers en béton armé) nécessitent, selon les études faites par l'Institut de recherche du bâtiment sur des constructions allemandes comparables, 25 à 30 heures pour la construction d'un m² de surface habitable. Encore ceci suppose-t-il que les bâtiments soit édifiés en tenant compte des mesures générales de rationalisation.

Les procédés de montage d'éléments préfabriqués en béton (système Larson & Nielsen) ont nécessité, pour leur première application en Allemagne, une dépense globale de main-d'œuvre de 20 à 24 heures par m² de surface habitable. Sur ce chiffre, 5 heures par m² représentent la fabrication des éléments en usine.

Le procédé «Domofer» se situe donc, avec les résultats obtenus sur le chantier de Florange, à la limite inférieure du domaine de dispersion qui peut encore être atteint avec les procédés traditionnels. La comparaison avec un procédé employant des éléments préfabriqués en béton de grandes dimensions montre que, sur le chantier de Florange, le procédé «Domofer» n'a pas encore permis d'atteindre la réduction des dépenses de main-d'œuvre pouvant être escomptée avec d'autres procédés employant des éléments préfabriqués.

4.32.42 Comparaison des prix de revient de différents éléments de construction

Dans le tableau ci-après sont comparés les prix de différents éléments de construction du procédé «Domofer» avec ceux d'éléments de construction équivalents, fabriqués selon les procédés traditionnels et dans des conditions analogues.

Eléments de construction		Prix unitaire	
«Domofer»	Procédé traditionnel	«Domofer»	Procédé traditionnel
Ossature en acier 28 kg/m ²	Ossature en béton armé	73,97 NF/m ²	75,00 NF/m ²
Planchers en acier	Planchers massifs avec hourdis et ferrailage	37,91 NF/m ²	42,00 NF/m ²
Façades enduites d'antirouille et mises en peinture	Murs en briques creuses (15 cm) recouverts de crépi tyrolien	40,72 NF/m ²	39,80 NF/m ²
Escaliers en acier avec rampe	Escaliers en béton avec rampe	51,19 NF/marche	68,00 NF/marche

4.32.43 Prix de revient

La construction des 112 logements du chantier de Florange selon le procédé Domofer a coûté, après conversion en unités de compte (parité au 1^{er} janvier 1960):

1) Dépenses salariales	157 100 u.c.	22,4 %
2) Equipement du chantier	39 650 u.c.	5,6 %
3) Fournitures d'acier	176 420 u.c.	25,1 %
4) Fournitures diverses	102 150 u.c.	14,6 %
5) Travaux complémentaires	78 120 u.c.	11,2 %
6) Frais généraux	95 730 u.c.	13,6 %
7) Impôts	52 650 u.c.	7,5 %
	<u>701 820 u.c.</u>	

Si l'on examine le prix de revient par rapport aux résultats d'autres procédés pour la construction de logements comparables, on obtient le tableau suivant:

(Prix de revient converti en unités de compte.)

	Procédés			Procédés traditionnels
	«Domofer»	«Hoesch»	Larsen & Nielsen	
U.c./par logement	6 245	4 515	5 770	5 500 – 5 900
U.c./m ² de surface habitable	94	72	84	80 – 85

4.33 Coffrages en tôles d'acier pour murs

Dans le cadre du deuxième programme de constructions expérimentales, 119 logements ont été édifiés sur le chantier belge «Beyne-Heusay». Les maisons ont été construites selon le système de murs transversaux porteurs en béton. La toiture est constituée par une dalle de béton légèrement inclinée. Les murs et les planchers de ces immeubles sont coulés dans des coffrages en acier de la dimension d'une pièce. Les conduites et les éléments de l'équipement passent entre les coffrages. Les huisseries en acier sont montées en même temps que le coffrage. La surface des murs n'a pas besoin d'être enduite.

4.33.1 Description

Coffrages pour murs

Les éléments de coffrage ont la dimension du mur. Ils se composent d'un châssis et d'un quadrillage en profilés d'acier sur lequel sont fixées les tôles de coffrage⁽¹⁾.

Ce système permet de poser les éléments d'équipement, huisseries métalliques et éléments préfabriqués en béton, avant le bétonnage. Diverses opérations du parachèvement intérieur sont ici groupées en une seule opération.

Coffrages de planchers

Les éléments de coffrage sont de la dimension d'une pièce. Un système de profilés d'acier supporte les tôles de coffrage⁽¹⁾.

Equipement du chantier

Le béton est fabriqué dans une centrale de malaxage composée d'une bétonnière de 250 litres, de deux silos à ciment avec dispositif de pesage et des silos correspondants pour les agrégats. Le béton est amené de la centrale de malaxage par une grue à tour sur rails, jusqu'à portée des diverses grues fonctionnant sur le chantier. Le transport des coffrages est effectué par grue.

4.33.2 Méthodes de travail

Coffrage et bétonnage des murs

Deux éléments de coffrage de la dimension d'un mur (un jeu de coffrages comprenait 24 éléments) sont dressés à l'aide d'une grue et assemblés par boulons, de manière à former une unité

⁽¹⁾ Une description détaillée de ce système de coffrage figure dans le rapport sur l'utilisation de l'acier.

de coffrage. Cette unité une fois constituée est alors fixée verticalement au moyen de cales en bois. Des boîtes en bois pour l'emplacement des évidements prévus et les huisseries métalliques ont été préalablement vissés aux panneaux de coffrage afin d'empêcher toute déformation pendant le bétonnage.

Les éléments d'équipement préfabriqués sont ensuite mis en place à la grue et maintenus par des entretoises spéciales. Ces éléments et les canalisations électriques sont fixés entre les panneaux de coffrage sur des supports en bois.

Les panneaux de coffrage sont verrouillés les uns aux autres par des boulons de serrage introduits par les évidements du coffrage de l'articulation du mur ⁽¹⁾ et fixés plus tard aux points d'appui des planchers. Avant la coulée, les éléments préfabriqués en béton destinés aux châssis et encadrements de baies sont disposés dans le coffrage.

Le béton est amené à l'aide d'une grue et de bennes. 24 heures après les vis fixant les formes de bois, les huisseries métalliques et autres éléments entre les coffrages sont enlevés. 48 heures après, les boulons de serrage du haut et du bas sont desserrés et l'on enlève à la grue les panneaux de coffrage. Tous les éléments de coffrage sont alors nettoyés. Le mur terminé est débarrassé des étrésoillonnages des huisseries en acier et les fils électriques sont passés dans les tubes à l'aide d'un ruban métallique.

Coffrage et bétonnage des planchers

Le sommier supportant l'élément de coffrage (de la dimension d'une pièce) est disposé sur un calage constitué par des étais en bois. Il est ajusté et calé. Les panneaux de coffrage sont alors posés à la grue et vissés. Des fourreaux sont mis en place partout où cela est nécessaire pour le passage des canalisations d'eau ou de chauffage, et des conduits de fumée. On pose sur les panneaux de coffrage les canalisations électriques munies de boîtes de dérivation. Le ferrailage, maintenu en place par des écarteurs, est placé au-dessus. L'ajustement définitif du plan de coffrage s'effectue en serrant les vis de fixation sur un châssis extérieur spécial.

Le béton est réparti sur le coffrage à l'aide de bennes et de pelles. Un vibreur monté sur rails vibre et lisse le béton mis en place. 24 heures après, les vis sont desserrées. 48 heures après, vis et barres sont enlevées et les éléments de coffrage retirés et nettoyés.

4.33.3 Main-d'œuvre

Avant de chercher à évaluer la dépense de main-d'œuvre entraînée par l'emploi d'éléments de coffrage en acier de la dimension d'une pièce, il faut rappeler les indications fournies par l'Institut national du logement en ce qui concerne les conditions particulières rencontrées sur le chantier de Beyne-Heusay et attirer l'attention sur les difficultés qui sont présentées pour la construction: le total de 176 jours ouvrables depuis le début des travaux se décompose en:

80 jours de travail complet
68 jours de travail partiel
5 jours d'arrêt du travail
23 jours de grève

L'arrêt du travail pour différentes raisons a donc atteint 35,4 % du nombre total de jours ouvrables. Ces journées de travail perdues et les conditions climatiques particulièrement défa-

⁽¹⁾ Il s'agit d'un procédé de construction spécial adopté sur les chantiers expérimentaux en Belgique pour éviter les dégâts causés par les affaissements miniers (voir l'annexe II).

variables ont gêné considérablement l'emploi des coffrages métalliques. De plus, comme c'était la première fois qu'on utilisait ces éléments de coffrage en acier, les bureaux d'étude et les entreprises ont eu à résoudre de nombreux problèmes d'ordre technique et d'organisation. Le volume de construction relativement faible du chantier de Beyne-Heusay n'a permis par ailleurs qu'un nombre assez faible de répétitions des opérations d'utilisation des grands éléments de coffrage. Toutes ces considérations rendent très difficile l'étude des rendements réels.

Coffrage pour murs

Le calcul des dépenses de main-d'œuvre lorsqu'on emploie des panneaux de coffrage en acier de la dimension du mur peut se subdiviser en trois parties principales:

1. Confection de l'articulation du pied de mur (voir note en 4.33.2)
2. Mise en place du coffrage et bétonnage
3. Décoffrage

Le tableau suivant indique les résultats des diverses études de temps exprimés en heures de travail par mur:

1. Confection de l'articulation du pied de mur

	Domaine de dispersion	Chiffre moyen
Coffrage	2,0 — 3,25	2,62
Pose d'une bande de néoprène, d'héraelite et d'une couche de carton bitumé	4,0 — 6,05	5,02
Coulage	1,66 — 2,00	1,83
Décoffrage	0,25 — 0,45	0,35
		9,82 heures/mur

2. Mise en place des coffrage et bétonnage

	Domaine de dispersion	Chiffre moyen
Transport et mise en place des panneaux de coffrage	3,85 — 5,00	4,42
Mise en place et huilage des coffrages auxiliaires et des huisseries métalliques	21,90 — 25,55	23,72
Pose des éléments d'installation	8,77 — 9,61	9,14
Pose des tubes et des éléments de l'installation électrique	0,70 — 0,75	0,72
Fermeture et verrouillage	6,69 — 9,34	8,01
Serrage	0,70 — 1,10	0,90
Pose des éléments préfabriqué en béton	2,40 — 3,03	2,71
Bétonnage	3,14 — 3,90	3,52
		53,14 heures/mur

3. Décoffrage

	Domaine de dispersion	Chiffre moyen
Désserrage et déverrouillage	4,30 — 6,90	5,60
Ouverture et dévissage des panneaux de coffrage	2,75 — 4,45	3,60
Transport des panneaux de coffrage	1,37 — 1,80	1,58
Nettoyage	0,67 — 0,92	0,80
		11,58 heures/mur

Pourcentage des catégories d'ouvriers pour l'ensemble:

- | | |
|-------------------------|--------|
| 1. Ouvriers qualifiés | 69,5 % |
| 2. Ouvriers spécialisés | 18,6 % |
| 3. Manœuvres | 11,9 % |

Coffrages de planchers

En ce qui concerne l'étude de la dépense de main-d'œuvre lorsqu'on utilise des éléments de coffrage de plancher de la dimension d'une pièce il convient de faire les mêmes restrictions que pour l'emploi des coffrages muraux. En raison des dimensions la rotation des éléments de coffrage de plancher a été encore inférieure à celle des coffrages muraux.

Les résultats des différentes études de temps en heures par plancher sont groupées ci-dessous:

1. Coffrage

	<i>Valeur moyenne</i>
Pose du châssis et coffrage	} $\frac{32,50}{32,50}$ h/plancher
Pose et vissage des panneaux de coffrage	

2. Equipement et ferrailage

Pose des ferrures pour traversées de conduites	6,25
Installation électrique	10,50
Ferrailage	19,40
Ajustage	2,87
	<hr/> 39,02

3. Bétonnage

Coulage du béton, vibration et lissage	14,80
--	-------

4. Décoffrage

Désserrage et déverrouillage	7,30
Transport des coffrages	4,88
Nettoyage et finissage	2,35
	<hr/> 14,53 heures/plancher

Pourcentage des catégories d'ouvriers au total:

1. Ouvriers qualifiés	62 %
2. Ouvriers spécialisés	22 %
3. Manœuvres	16 %

4.33.4 Comparaison de la dépense de main-d'œuvre

La dépense de main-d'œuvre constatée ne peut nullement être considérée, dans les conditions qui existaient sur le chantier de Bayne-Heusay, comme un critère pour ce système de coffrage.

Une comparaison avec les résultats obtenus avec d'autres systèmes de coffrage n'est donc possible que sous toute réserve.

Coffrages pour murs

Pour les besoins de la comparaison la dépense de main-d'œuvre afférente à la construction proprement dite des murs doit être divisée en secteurs principaux et rapportée uniformément à 1 m² surface murale. On obtient ainsi le tableau suivant:

	<i>Chiffre moyen</i>
Constitution de l'articulation du pied du mur	0,87 heure/m ² de surface murale
Coffrage et transport des coffrages	2,52 heures/m ² de surface murale
Fermeture	0,72 heure/m ² de surface murale
Bétonnage et éléments préfabriqués	0,63 heure/m ² de surface murale
Décoffrage	0,82 heure/m ² de surface murale
Transport hors chantier et nettoyage	0,21 heure/m ² de surface murale
Dépense moyenne de main-d'œuvre (non compris la pose des éléments d'installation)	<u>5,77 heures/m² de surface murale</u>

La dépense moyenne de main-d'œuvre pour la construction des murs se situe ainsi à la limite supérieure d'un domaine de dispersion calculé par l'Institut für Bauforschung sur une série de bâtiments comparables, construits avec d'autres systèmes de coffrages (treillis, banches de bois ou coffrages métalliques).

Il faut encore tenir compte ici du fait que le système de coffrage appliqué sur le chantier de Beyne-Heusay comprend une partie des travaux de parachèvement du mur, qui d'ordinaire sont effectués ultérieurement.

Coffrages de plancher

Si l'on calcule la dépense de main-d'œuvre par m² de plancher, on obtient le tableau suivant:

Coffrage	1,03 heure/m ² de plancher
Equipement et ferrailage	1,23 heure/m ² de plancher
Bétonnage	0,46 heure/m ² de plancher
Décoffrage	0,45 heure/m ² de plancher
	<u>3,17 heures/m² de plancher</u>

Normalement, la construction d'un plancher en béton armé exige moins de 50 % de la dépense indiquée ci-dessus (ou bien qui précède).

Le résultat de cette étude fait apparaître que les conditions locales existant sur le chantier de Beyne-Heusay et les documents dont on dispose ne permettent pas encore de se faire une idée définitive de la rentabilité du procédé de coffrage appliqué.

4.33.5 Comparaison des prix

L'Institut national du logement a établi sur le chantier de «Beyne-Heusay» la comparaison de prix ci-après entre l'utilisation de coffrages métalliques et celle de coffrages traditionnels:

1) Pour les coffrages de murs

- Prix (au m ²) coffrage métallique + main-d'œuvre (Beyne-Heusay)	206,80 Frb
- Prix (au m ²) coffrage panneau de bois + main-d'œuvre	288,75
- Prix (au m ²) coffrage planches de bois + main-d'œuvre + enduit	317,50

2) Pour les coffrages de dalles

– Prix (au m ²) coffrage métallique + main-d'œuvre (Beyne-Heusay)	385,10 Frb
– Prix (au m ²) coffrage panneau de bois + main-d'œuvre	343,75
– Prix (au m ²) coffrage planches de bois + main-d'œuvre + enduit	331,50

ce qui donne les indices de comparaison ci-dessous:

	<i>murs</i>	<i>dalles</i>
– Prix (au m ³) du béton coulé – pour l'ensemble du chantier – avec coffrages métalliques (Beyne-Heusay)	100	100
– Prix (au m ³) du béton coulé – pour l'ensemble du chantier – avec coffrages panneau bois	123	94
– Prix (au m ³) du béton coulé – pour l'ensemble du chantier – avec coffrages planches bois	139	90

4.4 Toitures en acier (photos 5–8)

4.41 Types

Depuis longtemps l'acier a fait ses preuves en tant que matériau efficace et économique dans la construction des toitures industrielles, notamment celles de grande portée. Pour les logements, en revanche, l'emploi de charpentes métalliques est, jusqu'ici, demeuré rare. En tout état de cause ce n'est que depuis la mise au point de profilés et tubes métalliques légers que l'acier est utilisé sur une échelle notable dans les toitures de maisons d'habitation. Mais, pour l'instant, les charpentes de ce genre ne concurrencent pas encore sérieusement les charpentes en bois. L'importance de la commande et la distance de transport notamment ont une incidence sur le prix des toitures métalliques, c'est pourquoi plusieurs maîtres d'ouvrages des chantiers allemands se sont mis d'accord pour adopter un seul type de toiture et un seul fabricant. Pour les chantiers de Essen-Frintrop, Gelsenkirchen-Leithestrasse, Gelsenkirchen-Buer, Gladbeck, Hängen et Welper, le choix s'est porté sur une charpente en treillis de la firme Hoenig à Cologne ⁽¹⁾ (voir photo 5).

La toiture choisie pour Salzgitter a été conçue par la Wohnungs AG de Salzgitter ⁽¹⁾ (voir photo 6).

La charpente adoptée à Dortmund-Scharnhorst a été construite en liaison avec l'ossature en acier ⁽¹⁾.

Sur le chantier de Moers il a fallu, pour assurer la sécurité de la circulation aérienne, construire une toiture plate. A cet effet on a eu recours à une charpente en bois recouverte d'éléments en tôle d'acier.

Lors de l'octroi du permis de construire à Salzgitter, l'administration chargée de la surveillance des constructions a imposé comme condition que les charpentes métalliques (fermes en acier) ne devaient être montées et posées que par une seule firme agréée à cet effet. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle la firme Stöterau a aussi fourni ses propres équipes pour le montage des fermes. Les fermes métalliques ont été mises en place à l'aide de la grue pivotante de l'entre-

⁽¹⁾ Voir également le rapport sur l'utilisation de l'acier (page 250).

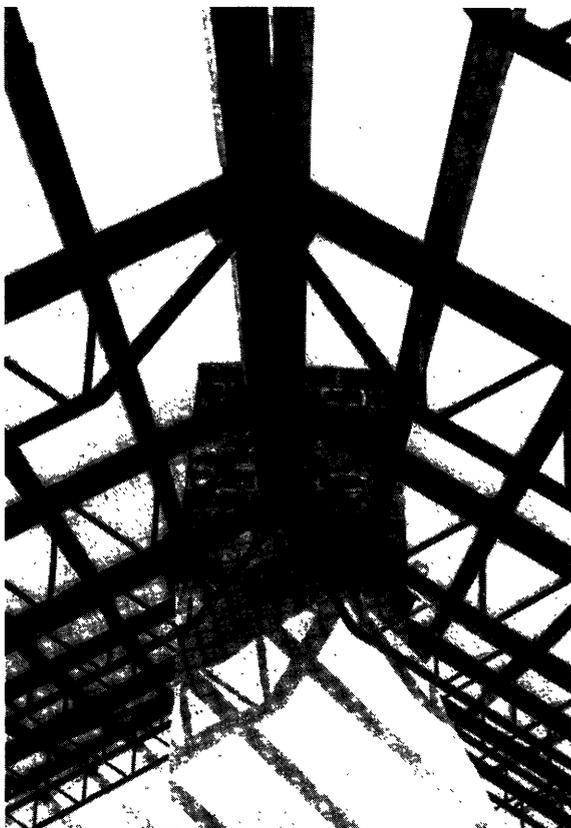


Photo 5
Gelsenkirchen-Buer
Position des fermes en acier autour la cheminée

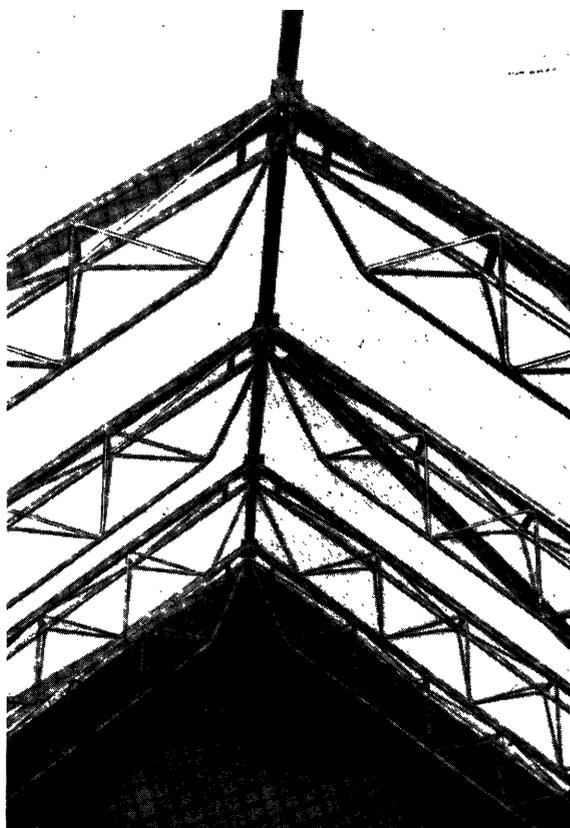


Photo 6
Salzgitter-Lebenstedt
Faîtage des fermes en acier

preneur, mais on pourrait également les hisser au câble. Le montage a été assuré par un ouvrier qualifié et 2 manœuvres. Ils se sont servis de deux chevalets métalliques réglables à trois niveaux différents, munis sur le côté d'une échelle métallique. Les fermes fabriquées par la firme Hoenig ont également été montées par les équipes de l'usine. Certaines fermes ont été montées directement du camion sur le toit à l'aide de l'engin élévateur se trouvant sur place.

4.42 Main-d'œuvre

Les équipes de montage ont indiqué leur temps passé au montage des fermes. Des économies de main-d'œuvre étaient réalisables du fait que tous les logements ont le chauffage central. Les cheminées étant peu nombreuses, les fermes ont été légèrement rapprochées afin d'éviter les enchevêtrements. Les entrepreneurs chargés du gros-œuvre ont scellé dans le béton du plancher supérieur ou de la corniche des étriers en acier, où il suffisait d'introduire les extrémités des fermes (voir photo 7). Etant donné que le montage constitue une opération relativement facile et que les ouvriers étaient en outre familiarisés avec ce travail, on ne relève guère d'écarts entre les divers chantiers, si l'on considère la main-d'œuvre nécessaire à la mise en place d'une ferme.

Les heures de travail nécessaires au montage des toitures sur les divers chantiers sont indiquées dans les tableaux 5a et 5b. On a choisi comme critère de comparaison 1 m² de surface effectivement couverte par la toiture, c'est-à-dire 1 m² de surface bâtie couverte. (Ainsi a été éliminée l'influence de corniches en saillie, ainsi que celle de la pente du toit, qui est souvent choisie au hasard.) La main-d'œuvre nécessaire à la pose des fermes en treillis de la firme Hoenig varie

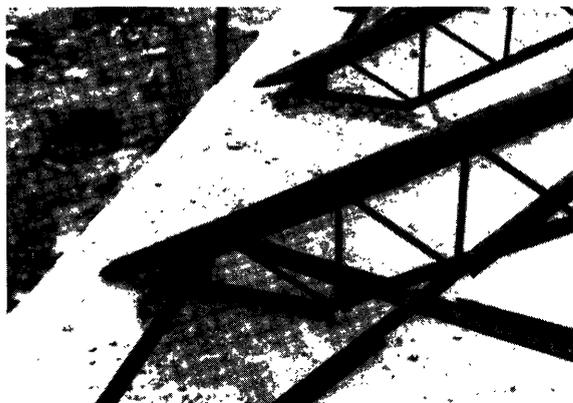


Photo 7
Gelsenkirchen-Leithestrasse
Pied de ferme en acier reposant sur un plancher horizontal en béton



Photo 8
Essen-Frintrop
Espace libre sous les fermes en acier

entre 0,14 et 0,17 h/m² de surface couverte (voir photo 8). Etant donné que toutes les équipes de montage comptaient autant d'ouvriers qualifiés que de manœuvres, le temps passé se décompose, à parts égales, en heures d'ouvrier qualifié et en heures de manœuvre.

Les ouvriers chargés du montage des fermes métalliques sur le chantier de Salzgitter n'étaient pas encore bien au courant. Au cours de l'avancement des travaux, on a en effet pu enregistrer, d'une maison à l'autre, des économies sensibles.

Première maison:	27 heures d'ouvrier qualifié + 24 heures de manœuvre <hr/> 51 heures/maison
Valeur optimale:	9 heures d'ouvrier qualifié + 18 heures de manœuvre <hr/> 27 heures/maison
Moyenne:	12 heures d'ouvrier qualifié + 24 heures de manœuvre <hr/> 36 heures/maison

En moyenne, la main-d'œuvre nécessaire a été de 55 % inférieure à celle qu'avait nécessitée la première maison. Une fois les ouvriers parfaitement initiés, la main-d'œuvre a même été de 67 % inférieure à celle relevée initialement.

4.43 Prix de revient

Outre les dépenses de main-d'œuvre, les tableaux 5a et 5b indiquent le prix de revient de la toiture sur la base des frais effectifs de salaires, matériaux et accessoires. Les chiffres concernant la couverture et les corniches sont les prix facturés par les entrepreneurs. Le coût de la charpente du toit varie entre 12,54 DM et 18,18 DM par m² de surface couverte. Ce sont les toitures ayant les plus petites portées et les plus fortes pentes qui ont entraîné les frais les plus élevés.

Le coût de la toiture complète est compris entre 29,93 DM et 36,50 DM/m² de surface couverte (à l'exception de Dortmund 1).

4.44 Comparaison des coûts par rapport aux éléments de construction traditionnels

Par rapport aux charpentes métalliques examinées ici, les fermes en bois entraînent des frais de matériaux plus faibles, mais des frais de salaires plus élevés.

Le coût d'un comble en bois analogue s'établira à peu près comme suit:

Frais de salaires pour l'ajustage	1 à 1,50 DM/m ² de surface de comble
Frais de salaires pour l'assemblage	1 à 2,50 DM/m ²
Frais de matériaux	10,- à 14,- DM/m ²
Total:	12,- à 18,- DM/m ² de surface de comble

En comparant les prix de revient des charpentes métalliques mentionnés dans la section précédente avec ceux des charpentes en bois, on constate qu'ils sont sensiblement du même ordre de grandeur.

L'entrepreneur du chantier d'Essen-Frintrop a indiqué que le prix de revient de la toiture complète (couverture comprise) sera supérieur d'environ 15 % à celui d'une toiture en bois similaire.

Un architecte communique le tableau comparatif suivant pour la toiture de deux maisons du même genre, dont l'une a été construite en 1957 avec une toiture en bois et l'autre, en 1959, avec une toiture métallique.

Les constructions comparées ont la même surface bâtie (9,99 x 52,24 m), le même nombre de niveaux, la même pente de toit (28 degrés) et la même forme de toiture (toit en croupe). Elles se trouvent à 30 m. l'une de l'autre.

Le prix unitaire par m² de couverture (dans les deux cas, tuiles «de Francfort», section des lattes planche 24 x 4,8 cm en 1957 et 4 x 6 cm en 1959) était de 8,10 DM en 1957; contre 8,90 DM en 1959. Quant à l'exécution des corniches, elle a été identique pour les deux bâtiments.

Charpente	Couverture (y compris le lattis)	Année
5 992,00 DM (100)	6 568,17 DM (100)	1957
9 196,77 DM (153)	7 089,90 DM (108)	1959

Mais il y a lieu de considérer que, dans l'intervalle, les salaires et les frais de matériaux ont augmenté dans des proportions sensibles.

D'après l'indice allemand du coût de la construction les prix des travaux de charpente et de couverture ont augmenté d'environ 8 % de 1957 à 1959.

Sur la base des prix rectifiés de la charpente en bois et de la charpente métallique, on trouve la comparaison suivante:

Total	Toiture métallique (en DM/m ² de surface de comble)	Toiture en bois (en DM/m ² de surface de comble)
Charpente	17,7	12,4
Couverture	13,6	13,6
	31,3	26,0

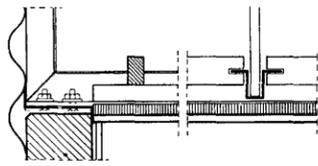
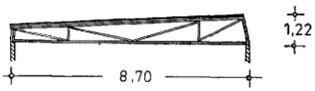
Il en ressort que la toiture métallique a coûté 20 % plus cher que la toiture en bois similaire.

Tableau 5a

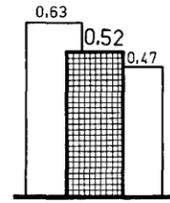
Dortmund

fermettes en acier
couverture tôle d'acier

surface couverte par la toiture II: 146,16 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,6
nombre de niveaux 3

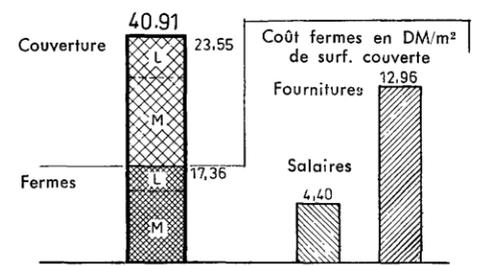


Main-d'œuvre nécessaire
Heure/m² surface couverte



Rendement initial moyen max.

Coût de la toiture en DM/m² de surface couverte⁽¹⁾

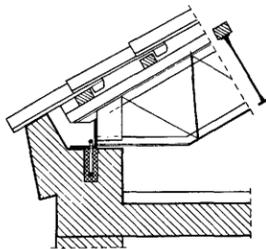
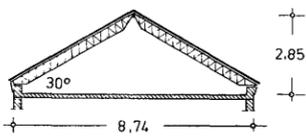


Gelsenkirchen-Buer

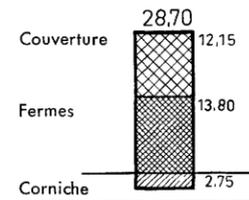
fermes métalliques en treillis

surface couverte par la toiture C: 194,38 m² B: 168,35 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 3,1 1 : 3,1
nombre de niveaux 4 4

Écartement des fermes 1,2 m
Liteaux 4/6 cm



Ouvriers qualifiés
Manœuvres

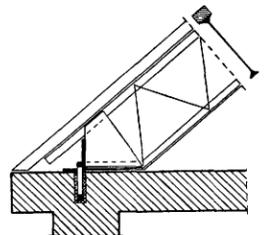
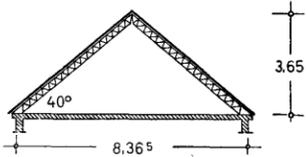


Gladbeck

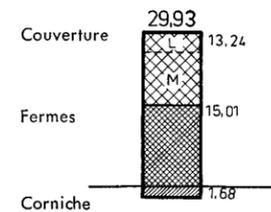
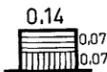
fermes métalliques en treillis
couverture: tuiles mécaniques à emboîtement

surface couverte par la toiture G 5: 175,22 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 3,0
nombre de niveaux 4

Écartement des fermes 1,2 m
Liteaux 5/7 cm



Ouvriers qualifiés
Manœuvres

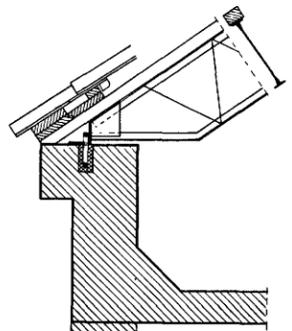
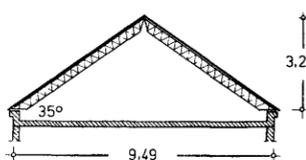


Gelsenkirchen-Leithestraße

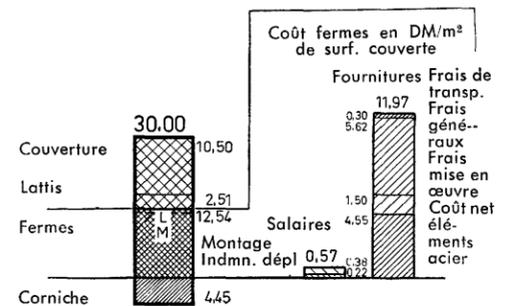
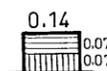
fermes métalliques en treillis
couverture: tuiles mécaniques à emboîtement

surface couverte par la toiture 186,76 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,2; 1 : 2,8
nombre de niveaux 3 4

Écartement des fermes 1,2 m
Liteaux 2,4/4,8 cm



Ouvriers qualifiés
Manœuvres

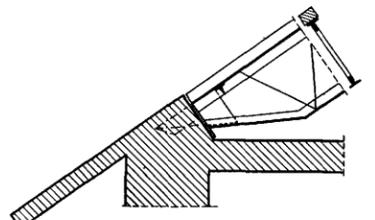
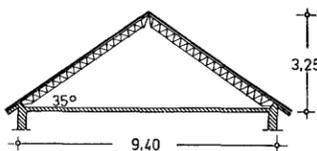


Höngen

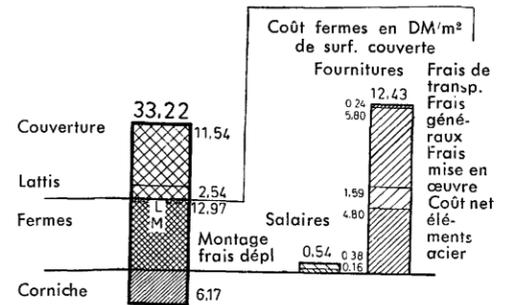
fermes métalliques en treillis
couverture: tuiles mécaniques rhénanes

surface couverte par la toiture A: 157,11 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,3
nombre de niveaux 3

Écartement des fermes 1,2 m
Liteaux 4/6 cm



Ouvriers qualifiés
Manœuvres

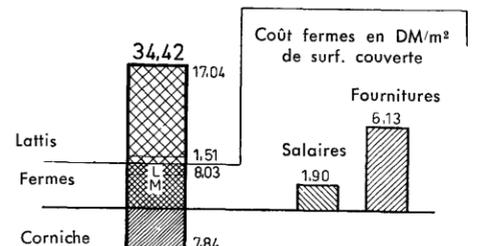
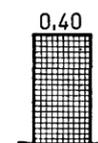
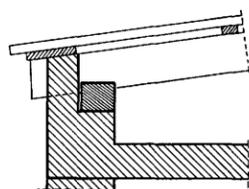


Moers

fermes en bois
couverture: éléments acier galvanisé

surface couverte par la toiture I: 179,28 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,8
nombre de niveaux 4

Écartement des fermes 1,0 m
Liteaux 2,5/5 cm



(1) L = Salaires
M = Fournitures



Tableau 5b

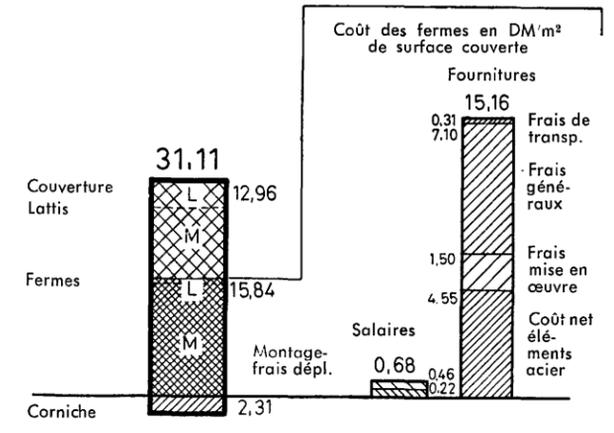
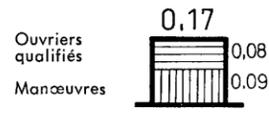
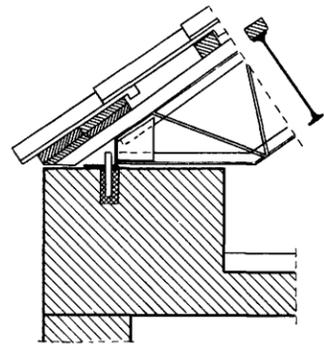
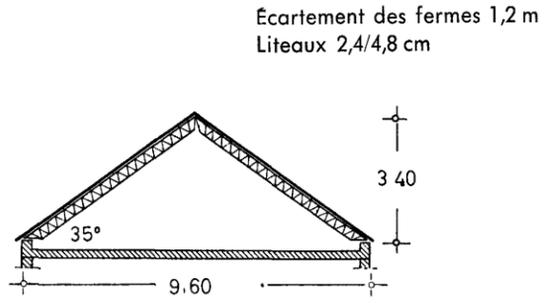
Essen-Frintrop

fermes de tubes d'acier en treillis
couverture: tuiles mécaniques

surface couverte par la toiture F 1: 203,07 m², F 2: 176,57 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,9 1 : 3,0
nombre de niveaux 4 4

Main-d'œuvre nécessaire Heure/m ² surface couverte	Coût de la toiture en DM/m ² de surface couverte ⁽¹⁾
--	---

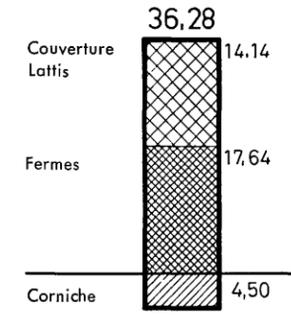
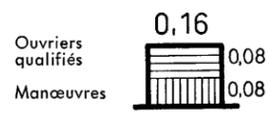
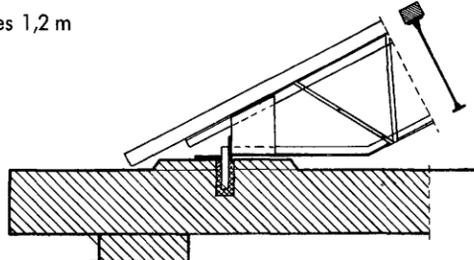
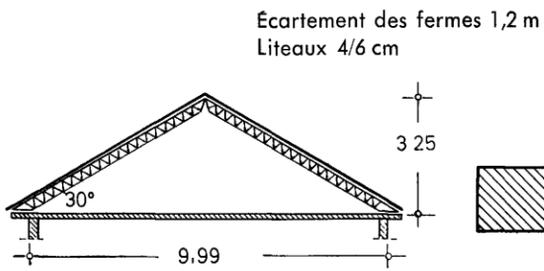
Coût des fermes en DM/m² de surface couverte



Welper

fermes métalliques en treillis
couverture: tuiles mécaniques de Francfort

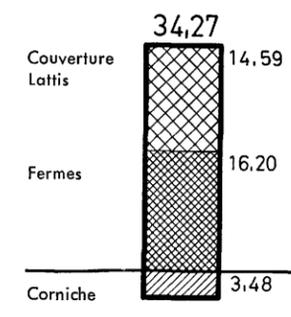
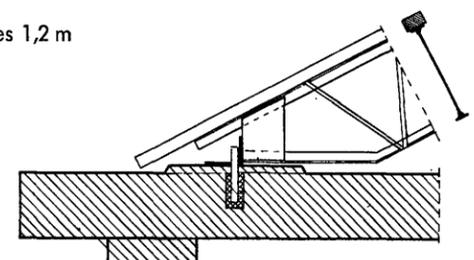
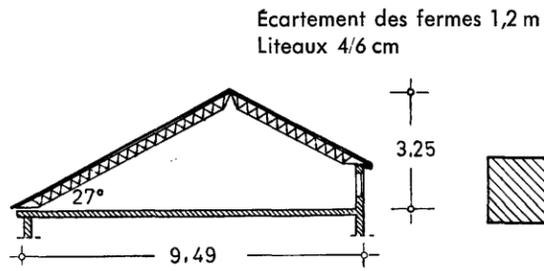
surface couverte par la toiture M 4: 174,02 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,2
nombre de niveaux 3



Welper

fermes métalliques en treillis
couverture: tuiles mécaniques de Francfort

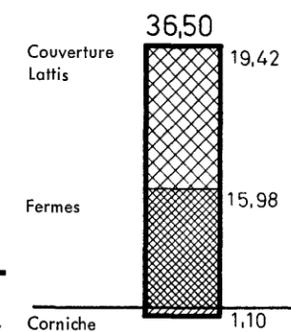
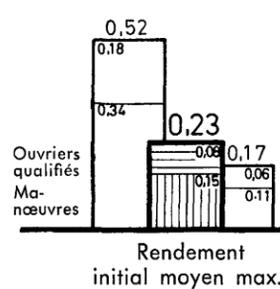
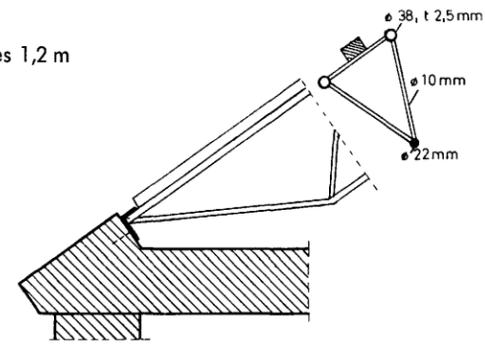
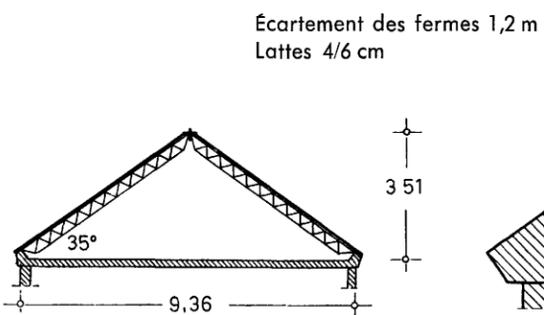
surface couverte par la toiture M 5: 201,56 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,4
nombre de niveaux 3 1/2



Salzgitter

fermes en treillis de tubes d'acier
couverture: tuiles mécaniques

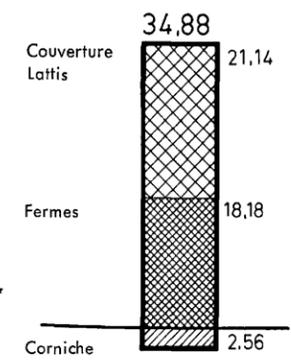
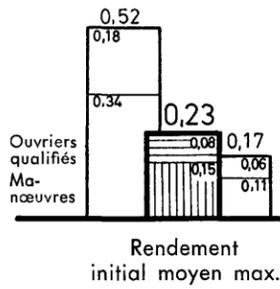
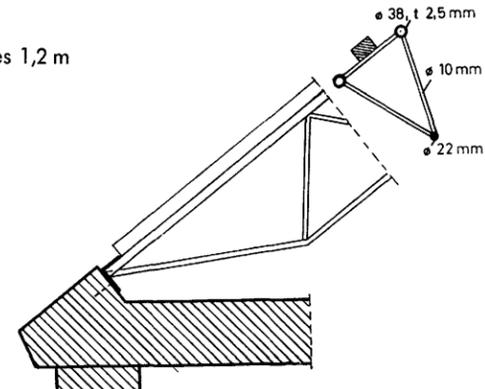
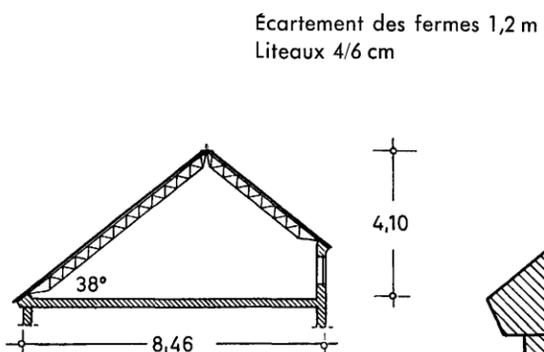
surface couverte par la toiture I: 169,04 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 2,2
nombre de niveaux 3



Salzgitter

fermes en treillis de tubes d'acier
couverture: tuiles de Francfort

surface couverte par la toiture II: 156,80 m²
surface couverte: surface habitable 1 : 3,2
nombre de niveaux 4



⁽¹⁾ L = Salaires
M = Fournitures



4.45 Conclusions

La présente étude a précisé les conditions techniques de l'emploi des charpentes métalliques dans la construction des habitations. Du point de vue des plans, de l'aménagement, de la conception et de la technique du bâtiment, l'emploi des éléments en acier pour la réalisation des toitures ne présente aucun désavantage par rapport aux charpentes en bois. (cf. aussi le rapport sur l'utilisation d'éléments en acier).

Dans l'ensemble, on a même pu constater un avantage qui réside dans le déroulement accéléré et sans à-coups des travaux.

Néanmoins, les charpentes métalliques utilisées en l'espèce sont jusqu'à présent plus coûteuses, sur le plan économique, que les charpentes en bois similaires. Mais la différence, qui d'après les études connues, est de l'ordre de 15 à 20 %, ne paraît pas telle qu'elle ne puisse être réduite par un emploi plus fréquent des éléments en acier dans la construction des logements et donc par des séries plus grandes.

Mais seule la fabrication des éléments offre des possibilités à cet égard. Le montage ne représente qu'environ 5 % du prix de revient, aussi ne saurait-on escompter de ce côté que de faibles économies, une fois les ouvriers parfaitement initiés, d'autant que les rendements enregistrés dès le début peuvent être considérés comme normaux (l'équipe de montage des fabricants étant au courant du travail).

Il y aurait lieu de porter tout particulièrement l'attention sur les problèmes que pose la protection anticorrosive des éléments de construction en acier, notamment en considération des frais supplémentaires que peuvent entraîner les retouches à effectuer après le transport et l'application ultérieure de couches de peinture.

4.5 Fenêtres en acier

4.51 Types de fenêtres

Les directives de la C.E.C.A. imposaient obligatoirement des fenêtres en acier pour tous les immeubles édifiés dans le cadre du programme.

En *Allemagne*, quatre chantiers ont utilisé des fenêtres de l'entreprise Jucho de Dortmund (v. fig. 9), trois chantiers des fenêtres de l'entreprise Kaether de Krefeld (fig. 10), tandis qu'un chantier choisissait les fenêtres de l'entreprise Mauser de Cologne et un autre celle de l'entreprise Issel de Werth.

Tandis que les fenêtres fournies par l'entreprise Jucho sont faites de profilés laminés à chaud normalisés, correspondant aux DIN 4440 à 4450, celles qui ont été choisies sur les autres chantiers allemands sont en profilés de tôle d'acier emboutis à froid. Parmi les fenêtres de ce dernier type des fenêtres avec vitrage en verre isolant ont été montées sur les chantiers de Dortmund (entreprise Mauser), et des fenêtres simples sur les chantiers de Moers (entreprise Issel), d'Essen-Frintrop (entreprise Kaether), tandis qu'à Welper (entreprise Kaether) et à Salzgitter-Lebenstedt (entreprise Kaether) on a choisi des fenêtres à double vitrage. Le double vitrage consiste en deux vitres placées dans un même châssis à un certain écartement l'une de l'autre, l'espace qui les sépare étant hermétiquement fermé (v. schéma). Ce système offre une protection thermique et acoustique plus grande qu'un vitrage simple.

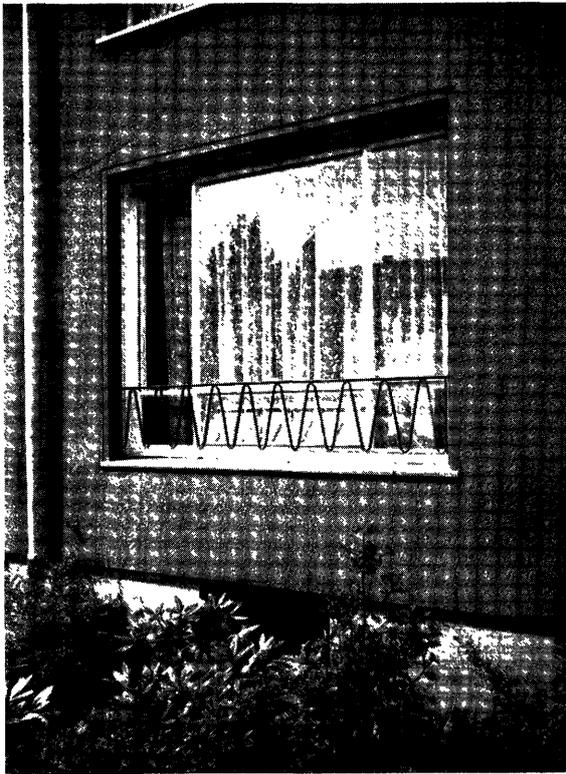


Photo 9
Gelsenkirchen-Nattmannsweg
Profils normalisés à chaud

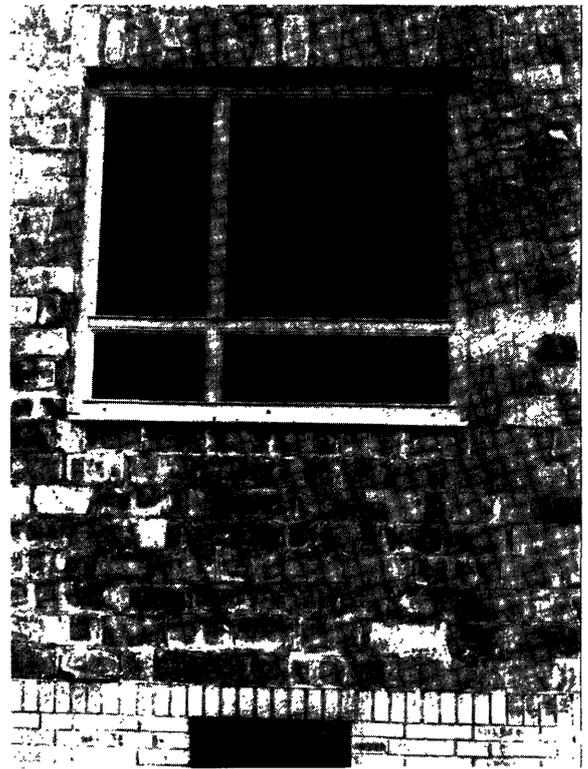


Photo 10
Salzgitter-Lebenstedt
Châssis en caisson avec double vitrage

L'Institut für Bauforschung a calculé, à cet effet, la déperdition thermique de fenêtres en acier de divers types, à savoir:

- 1° fenêtres simples en profilés en acier normalisés,
- 2° fenêtres en acier à double vitrage, munies de bourrelets en caoutchouc.

On admet que la dimension des deux fenêtres est de $1,10 \times 1,35 = 1,49 \text{ m}^2$. Le calcul de la déperdition thermique s'effectue selon la DIN 4701, pages 34 à 36, mais la perméabilité des joints à l'air est déterminée à l'aide de chiffres expérimentaux publiés par H. R. Dürr⁽¹⁾. Selon les indications fournies par le service météorologique allemand, les moyennes annuelles des dix dernières années en ce qui concerne la vitesse du vent dans les zones d'Aix-la-Chapelle, Salzgitter et dans la Ruhr sont à peu près égales à 4,5 m/s.

On trouvera ci-dessous la déperdition thermique correspondante des divers types de fenêtres:

	Q_D kcal/h	Q_L kcal/h	Q kcal/h
Fenêtres simples en profilés en acier normalisés	312	34	350 (arr.)
Fenêtres en acier avec double vitrage, munies de bourrelets en caoutchouc	145	3	150 (arr.)

Dans ce tableau:

- Q_D = déperdition thermique par suite de fuite de chaleur à travers le châssis et les vitres
- Q_L = déperdition thermique par suite de la perméabilité des joints à l'air
- $Q = Q_D + Q_L$ = déperdition thermique totale d'une fenêtre.

(1) H. R. Dürr, „Die Luft- und Wärmedurchlässigkeit nezeitlicher Stahlfensterbauweisen“ («La perméabilité à l'air et à la chaleur des types modernes de fenêtres en acier»), Gesundheits-Ingenieur 64 (1941), pages 135 à 142.

Si l'on admet que la déperdition thermique d'une fenêtre simple est égale à 100 %, celle d'une fenêtre à double vitrage se réduit à 43 %.

Si l'on suppose que le besoin en chaleur d'une pièce sans fenêtre est de $Q_L = 2000$ kcal/h, le besoin thermique global avec fenêtre est le suivant:

$$\begin{aligned} \text{avec fenêtre simple} \quad Q_L &= 2350 \text{ kcal/h} \\ \text{avec fenêtre spéciale} \quad Q_L &= 2150 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

se qui revient à dire que le besoin thermique de cette pièce est inférieur de 12 % lorsque l'on emploie une fenêtre spéciale.

Si, pendant l'hiver, la pièce est continuellement chauffée par chauffage central, les frais de chauffage dans les régions indiquées d'Allemagne sont, en prenant pour base un prix du charbon de 130,- DM/tonne, à peu près de 0,03 à 0,045 DM par kcal/h de besoin thermique.

Une fenêtre de 1,5 m² à double vitrage permet donc d'économiser annuellement entre 6,- et 9,- DM de frais de chauffage; l'économie de chauffage est ainsi de 4,- à 6,- DM par m² de fenêtre si l'on utilise une fenêtre spéciale.

Sur les chantiers de Hoengen, Gelsenkirchen-Leithestrasse et Gladbeck on a posé des fenêtres vitrées simples fournies par l'entreprise Jucho, alors que, sur les chantiers de Gelsenkirchen-Buer, on avait choisi les fenêtres à double châssis vitrés du même fabricant. Cette fenêtre à double châssis vitrés se compose de deux éléments séparés reliés l'un à l'autre et s'emboîtant dans le même châssis (v. schéma). Pour le nettoyage des vitres, les éléments sont désassemblés et peuvent s'ouvrir comme une boîte. Le coussin d'air existant entre les deux battants vitrés assure une certaine isolation thermique et phonique.

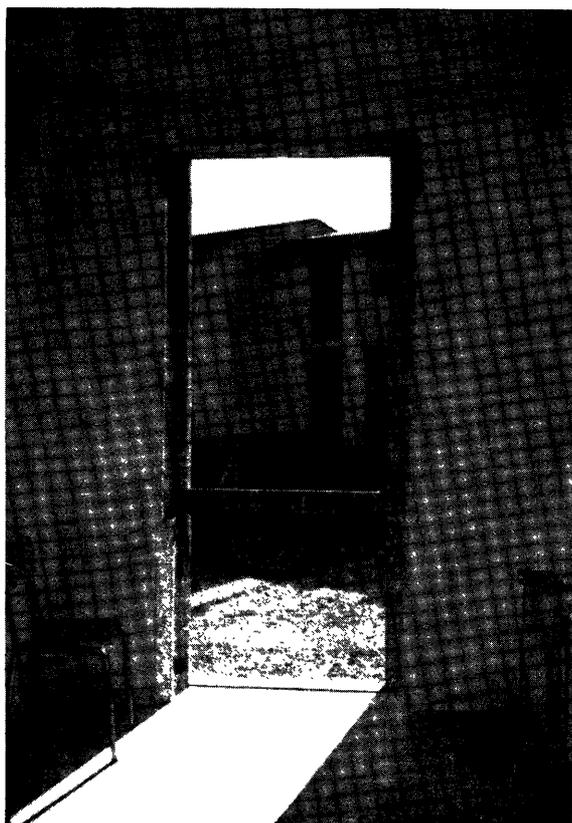


Photo 11
Milan-Forlanini
Baie pour fenêtre (mur enduit à l'intérieur),
préparée pour le montage du bloc-fenêtre

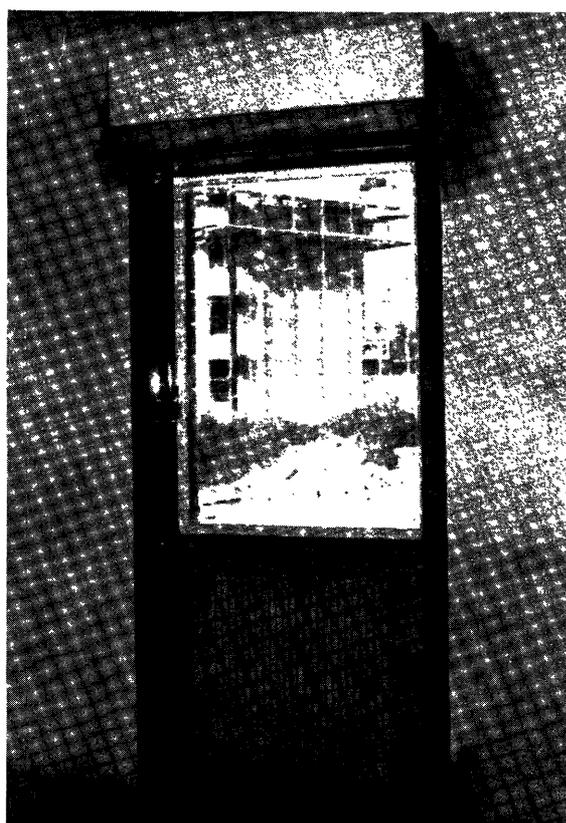
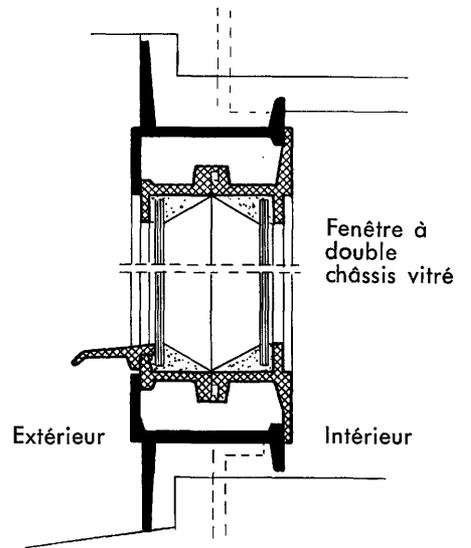
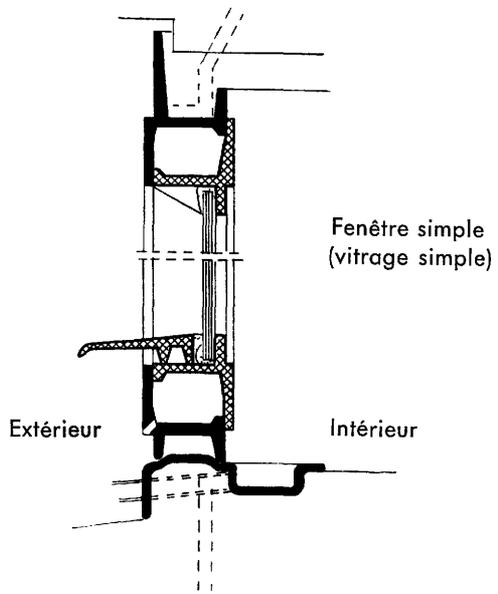


Photo 12
Milan-Forlanini
Bloc-fenêtre monté

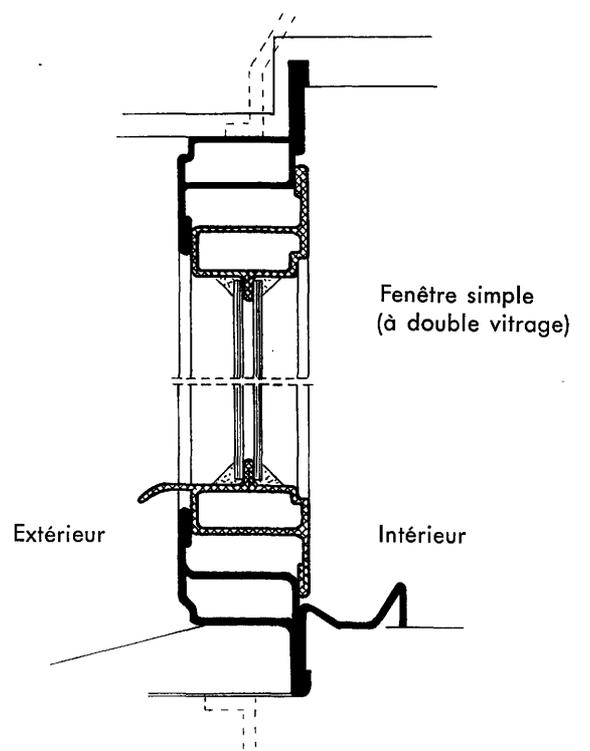
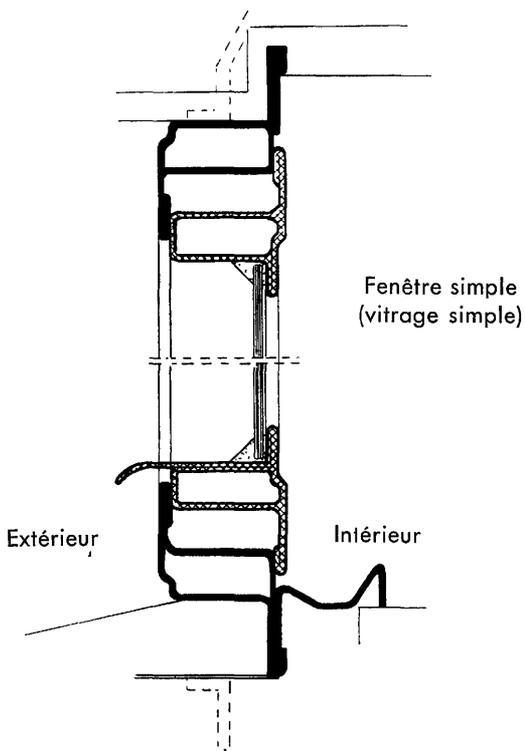
Fenêtres en acier

Profils laminés à chaud

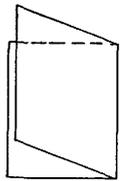
Schéma



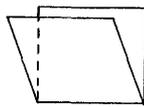
Profils emboutis à froid



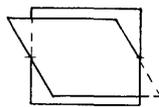
Systèmes d'ouverture



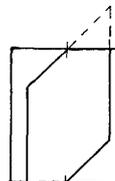
à la française



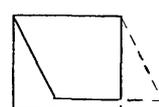
basculants



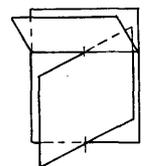
basculants



pivotants



rabbatants



pivotants et basculants

Pour les protéger contre la corrosion, les fenêtres ont été, soit passées au minium (Gladbeck et Gelsenkirchen-Leithestrasse), soit zinguées au feu (autres chantiers).

Sur le chantier français de Longwy, cinq dimensions différentes de fenêtres en acier ont été utilisées. Ces fenêtres sont fabriquées en profilés laminés à chaud.

Sur le chantier italien de Milan, des éléments de fenêtre préfabriqués comportant fenêtre, appui, volets roulants, appareil d'éclairage et raccordement pour le chauffage ont été posés. Ils ont été livrés sur le chantier munis du vitrage et montés sur le bâtiment dont l'enduit était déjà terminé ⁽¹⁾ (voir photos 11 et 12).

4.52 Main-d'œuvre et prix de revient

Sur les chantiers allemands les fenêtres ont été posées, après achèvement du gros œuvre, par des équipes de montage envoyées par le fabricant. A cet effet les bâtis dormants des fenêtres, munis de pattes de scellement en acier, ont été, soit scellés, soit rivés au pistolet.

La dépense de main-d'œuvre a été étudiée sur les chantiers de Hoengen et Gladbeck. Elle comprend, dans chaque cas, le classement et le transport des fenêtres livrées sur le chantier.

A Gladbeck 780 fenêtres et portes-fenêtres, de huit dimensions différentes, ont été montées. L'équipe de montage se composait de deux ouvriers qualifiés et de deux manœuvres, qui ont travaillé 1 250 heures à la pose des fenêtres et portes-fenêtres. Ceci donne une dépense moyenne de main-d'œuvre de 1,67 heure par fenêtre, ou 0,8 heure par mètre carré de surface de fenêtre.

A Hoengen 871 fenêtres et portes-fenêtres, également de huit dimensions différentes, ont été posées. Sur ce chantier il n'y avait que des ouvriers qualifiés qui ont travaillé pendant 4377 heures à la pose. La dépense moyenne de main-d'œuvre est ici de 5,01 heures par fenêtre, soit 2,4 heures par mètre carré de surface de fenêtre.

Dans les deux cas, il s'agit de fenêtres simples provenant du même fabricant. Néanmoins, il n'est pas possible de discerner exactement à quoi est due la différence de dépense de main-d'œuvre. Celle-ci est probablement imputable essentiellement au temps consacré au trajet aller et retour et à la relève des équipes de montage. Dans une certaine mesure, on peut aussi en rechercher la cause dans la différence des méthodes de travail car, sur le chantier où l'on a constaté une moindre dépense de la main-d'œuvre par fenêtre, l'entrepreneur du gros œuvre a dépensé davantage de main-d'œuvre pour le scellement et la finition que sur l'autre chantier.

Les différences dans la main-d'œuvre impliquent aussi des différences en ce qui concerne les dépenses salariales et les prix de revient. Le tableau ci-après indique les prix de revient des fenêtres simples à deux vantaux avec ferrage pour châssis basculant.

	Hoengen	Welper
	DM/m ² de surface de fenêtre	DM/m ² de surface de fenêtre
Dépenses salariales ⁽¹⁾ de montage	17,65	4,90
Dépenses salariales ⁽¹⁾ pour travaux de maçonnerie	2,55	8,25
	<hr/> 20,20	<hr/> 13,15
Fourniture fenêtre	72,10	67,90
Vitrerie	9,50	9,30
Peinture	3,10	4,00
	<hr/> 104,90	<hr/> 94,35

⁽¹⁾ Salaire horaire, y compris les charges sociales et les frais généraux.

⁽¹⁾ Voir aussi rapport sur l'utilisation de l'acier.

Sur le *chantier français de Longwy*, la main-d'œuvre par mètre carré de surface de fenêtre va de 4,39 à 14,14 heures, selon la dimension des fenêtres. En l'espèce, les dépenses de main-d'œuvre se décomposent comme suit pour les différentes opérations:

Dépense de main-d'œuvre sur le chantier français de Longwy

Dimensions des fenêtres	Type 1			Type 2			Type 3			Type 4			Type 5		
	à 2 vantaux 1,50 x 1,20			à 2 vantaux 2,00 x 1,20			à 2 vantaux 1,50 x 1,00			à 1 vantail 0,75 x 0,70			à 1 vantail 1,50 x 0,80		
	h/m ² de surface de fenêtre			h/m ² de surface de fenêtre			h/m ² de surface de fenêtre			h/m ² de surface de fenêtre			h/m ² de surface de fenêtre		
	O.Q.	M	Total	O.Q.	M	Total									
<i>Nature des travaux</i>															
Travaux préliminaires	1,11	0,56	1,67	0,83	0,62	1,45	1,84	1,17	3,01	1,89	0,94	2,83	0,83	0,42	1,25
Pose	0,56	0,56	1,12	0,42	0,42	0,84	1,33	1,00	2,33	0,94	0,94	1,88	0,83	0,62	1,45
Ferrures	0,56	0,23	0,79	0,42	0,21	0,63	0,67	0,33	1,00	1,89	0,94	2,83	0,83	0,21	1,04
Finition	0,56	0,56	1,12	0,42	0,42	0,84	1,00	0,83	1,83	1,89	1,89	3,78	0,62	0,21	0,83
Travaux accessoires	0,23	0,23	0,46	0,21	0,21	0,42	0,33	0,33	0,66	0,94	0,94	1,88	0,42	0,42	0,84
Peinture	0,23	—	0,23	0,21	—	0,21	0,33	—	0,33	0,94	—	0,94	0,21	—	0,21
Total	3,25	2,14	5,39	2,51	1,88	4,39	5,50	3,66	9,16	8,49	5,65	14,14	3,74	1,88	5,62

Sur le *chantier italien de Milan*, la main-d'œuvre nécessaire à la pose des fenêtres décrites au paragraphe précédent a été en moyenne de 6,13 heures par élément de fenêtre, soit 2,01 heures par mètre carré de surface de fenêtre. La dépense de main-d'œuvre se répartit comme suit entre les différentes catégories d'ouvriers:

– maçon	1,47 h/fenêtre	– grutier	0,08 h/fenêtre
– manœuvre	2,87 h/fenêtre	– monteur	1,71 h/fenêtre

Au début il fallait 6,34 heures par élément de fenêtre, l'économie réalisée par suite de l'accoutumance est donc faible. En réalité, comme l'indique l'entreprise, les maçons et manœuvres qui n'étaient pas encore familiarisés avec la pose des fenêtres en acier se sont habitués relativement vite au nouveau procédé sous la direction du monteur. Les équipes travaillant au gros-œuvre se composaient de quatre maçons et de quatre manœuvres.

Il est apparu que les éléments de fenêtres plus petits présentaient moins de difficultés et nécessitaient moins de main-d'œuvre que les grands éléments.

4.53 Comparaison des coûts avec les éléments traditionnels

La comparaison des fenêtres métalliques avec les fenêtres traditionnelles en bois présente certaines difficultés, du fait que l'on compare ici des matériaux divers n'ayant pas les mêmes caractéristiques ni la même qualité et, par conséquent, ayant un prix de revient différent et nécessitant des frais d'entretien inégaux. Dans une construction normale les fenêtres métalliques nécessitent d'ordinaire moins de frais d'entretien que les fenêtres en bois. Il faudrait tenir compte de ce fait dans la comparaison des coûts. Néanmoins, il peut se produire dans les zones d'affaissement minier que les fenêtres en acier nécessitent des dépenses plus élevées, car l'adaptation des fenêtres aux déformations des bâtiments provoqués par les affaissements miniers, qui est facile à réaliser d'ordinaire avec les fenêtres en bois, présente des difficultés considérables lorsqu'il s'agit de fenêtres métalliques.

Malgré ces difficultés, on a tenté ci-après de comparer les fenêtres métalliques, encore peu utilisées dans certains pays pour la construction des logements, avec les fenêtres en bois généralement utilisées. La comparaison des coûts ne peut donc, pour les raisons indiquées ci-dessus, prétendre avoir une valeur générale, ni être complète, la base de comparaison dont on dispose n'étant pas suffisante.

Le domaine de dispersion de la main-d'œuvre pour la pose de fenêtres en bois de type traditionnel va de 1,0 à 3,0 h par m² de surface pour les fenêtres de 1 à 1,50 m² de surface. Mais la limite inférieure ne peut être atteinte que si les ouvertures sont maçonnées aux dimensions exactes et si l'on n'est pas obligé de procéder à des travaux complémentaires. En règle générale les dépenses de main-d'œuvre se situent entre 2,0 et 2,5 h par m² de surface de fenêtre (non compris les appuis intérieurs et extérieurs). La dépense de main-d'œuvre afférente aux fenêtres métalliques utilisées dans le cadre du programme expérimental a été de 0,84 à 2,33 h par m² de surface de fenêtre sur le chantier de Longwy, tandis qu'elle allait de 0,8 à 2,4 h par m² de surface de fenêtre sur les chantiers allemands étudiés. La pose des fenêtres métalliques paraît donc, d'après cette enquête, nécessiter moins de main-d'œuvre qu'il n'est en général nécessaire pour les fenêtres en bois. Il se peut que cela résulte d'une meilleure qualité dimensionnelle des fenêtres.

Sur les chantiers allemands, les prix suivants ont été notés pour la fourniture et la pose des fenêtres en acier (sans vitrerie ni peinture):

Type de fenêtre		Vantaux	Lieu de construction	DM/m ² de surface
Profilés en acier laminés à chaud normalisés	Fenêtres simples	à la française	Gelsenkirchen-Leithestr.	41,— à 54,—
	Fenêtres simples	à la française et basculants	Gladbeck	68,— à 108,—
	Fenêtres simples	à la française et basculants	Höngen	64,— à 108,—
	Fenêtres à double châssis vitré	à la française et basculants	Gelsenkirchen-Buer	110,— à 121,—
Profilés en acier emboutis à froid	Fenêtres simples	à la française	Moers	54,— à 69,—
	Fenêtres simples	à la française	Essen-Frintrop	57,—
	Fenêtres simples	pivotants	Dortmund	96,—
	Double vitrage	à la française	Welper	70,— à 92,—
	Double vitrage	à la française et basculants	Salzgitter ⁽¹⁾	80,— à 96,—

(1) Prévues pour double vitrage, mais non posées.

La comparaison montre les prix sont très variables. Ils dépendent, en premier lieu, de la dimension des fenêtres, du type des ferrures et de la qualité de l'antirouille. Le pourcentage des frais de pose dans le total des dépenses est relativement faible. Comme le prix de revient correspond à peu près au prix offert, on peut aussi prendre pour base d'une comparaison des coûts avec les fenêtres en bois.

D'après les enquêtes faites par l'Institut für Bauforschung, le prix de revient des fenêtres en bois, dans un certain nombre de bâtiments étudiés, se situe entre 55,— et 75,— DM par mètre carré de surface de fenêtre. Toutefois ces frais comprennent les appuis intérieurs (fenêtres de 1,2 à 1,5 m² de surface). Pour les fenêtres plus grandes, les prix au m² seraient moindres.

Les prix des fenêtres métalliques utilisées dans le programme se situent en partie (pour les fenêtres à bon marché des chantiers de Gelsenkirchen-Leithestr. et Essen-Frintrop) à peu près dans la zone de dispersion des coûts des fenêtres en bois. En revanche sur les autres chantiers, une partie des coûts des fenêtres métalliques s'écarte beaucoup de la zone de dispersion des coûts des fenêtres en bois.

Sur le chantier de Hoengen, la Société Aachener Bergmanns- und Siedlungsgesellschaft a édifié, parallèlement aux constructions de la C.E.C.A., d'autres bâtiments identiques de type traditionnel ayant des fenêtres en bois. Ces fenêtres en bois coûtaient 5 088,- DM par maison soit 51,10 DM par mètre carré par surface de fenêtre. Or, les fenêtres en acier ont coûté 7 550 DM par maison, soit 75,80 DM par mètre carré de surface de fenêtre. Par conséquent, le supplément de coût des fenêtres en acier a été ici d'environ 48 %.

Si l'on prend les prix de revient des fenêtres en acier calculés au chapitre précédent (dépenses salariales, frais de matériaux et frais généraux de fabrication et de montage, y compris le vitrage et la peinture) comme base pour la comparaison de coût avec une fenêtre en bois comparable, on obtient le résultat suivant:

Fenêtres en acier		Fenêtres en bois
Hoengen	Welper	chantier de comparaison
104,90	94,35	82,45 DM/m ² de surface de fenêtre
DM/m ² de surface de fenêtre		

Ainsi les fenêtres en acier sont de 15 à 30 % plus chères que les fenêtres en bois comparables.

Ceci correspond aussi aux indications qui ont été données pour le chantier de Konacker.

Ici les portes-fenêtres ont coûté pour une loggia:

665 NF lorsqu'on utilisait l'acier;
530 NF lorsqu'on utilisait le bois.

Le supplément de coût pour les éléments en acier a donc été de 25 %. Le prix de revient des fenêtres métalliques comparables sur le chantier de Gelsenkirchen-Leithestrasse a été d'environ 70,- DM/m² de surface de fenêtre et se situe ainsi bien au-dessous des coûts ci-dessus indiqués des fenêtres métalliques sur d'autres chantiers. Toutefois, il faut ici tenir compte du fait qu'il s'agit de fenêtres simples avec vantaux à la française, sans ferrage pour châssis basculant ni fentes d'aération.

Sur le plan économique il est difficile d'établir une comparaison entre le bloc-fenêtre préfabriqué installé sur le chantier de Milan, et l'ensemble des différents éléments de construction qui, dans les procédés traditionnels, rempliraient les mêmes fonctions (voir photos 11 et 12).

Le C.R.A.P.E.R. a néanmoins procédé à une comparaison économique concernant l'équipement d'une baie de 1,00 m de largeur et de 2,70 m de hauteur dans un mur en briques. Il a comparé:

- d'une part, un bloc-fenêtre constitué par un ensemble préfabriqué, de 2,70 m de hauteur, en tôle d'acier pliée, fini et verni en usine, comportant: châssis, vantail, volet roulant, caisson masquant le volet roulant, allège en panneau sandwich, vitrerie et tous les accessoires;
- d'autre part, un équipement traditionnel comportant:
 - une fenêtre en bois (châssis et vantail), hauteur 1,45 m, avec volet roulant en bois, fini et verni, avec la vitrerie et tous les accessoires,
 - un panneau supérieur masquant le volet roulant, en briques creuses, épaisseur 12 cm, hauteur 30 cm,
 - une allège inférieure en briques creuses, épaisseur 12 cm, hauteur 95 cm.

Le panneau supérieur et l'allège sont vernis à l'intérieur et revêtus à l'extérieur avec des carreaux de clinker.

(On n'a pas considéré, dans cette comparaison, l'élément d'éclairage et l'élément chauffant.)

La comparaison des coûts a été faite en pourcentage, en prenant pour base 100 le coût du bloc-fenêtre en acier.

Comparaison des coûts

	Bloc-fenêtre en acier (1,00 x 2,70 m)	Fenêtre tradition- nelle en bois (1,00 x 1,45 m)
Main-d'œuvre de maçonnerie (panneau, allège)	–	33 %
Menuiserie (châssis, vantail verres, volet roulant, vernissage, etc.)	93,5 %	51 %
Main-d'œuvre de maçonnerie (pour aider à la mise en œuvre sur chantier)	6,5 %	5 %
	100 %	89 %

Pour avoir une comparaison valable, on doit considérer non seulement le coût de construction, mais aussi le coût d'entretien concernant les menuiseries en bois par rapport à celui des menuiseries métalliques vernies au feu.

Il faut considérer également le nombre d'heures-ouvriers sur chantier.

Un relevé effectué a donné les résultats suivants:

Heures d'ouvriers sur chantier pour la mise en œuvre d'une fenêtre (largeur 1,00 m, hauteur 2,70 m)

	Bloc-fenêtre en acier (heures d'ouvrier)	Fenêtre traditionnelle (heures d'ouvrier)
a) Maçon (pour la construction du panneau supérieur et de l'allège)	–	8
b) Menuisier ou monteur	1,5	2
c) Maçon (pour aider à la mise en œuvre sur chantier)	4	4
d) Vitrier	–	0,5
e) Vernisseur	–	3,50
Total	5,5	18,00

La réduction des heures sur chantier est très importante pour l'accélération des travaux et pour parer à la pénurie actuelle de main-d'œuvre sur chantier.

Le C.R.A.P.E.R. conclut en estimant que si on considère tous les facteurs mentionnés: coût d'entretien, heures d'ouvrier sur le chantier, etc., l'application des blocs-fenêtres en acier présente actuellement des chances de développement; et puisque cette solution s'est déjà révélée avantageuse à l'échelle de fabrication expérimentale en petite série, on peut penser qu'elle le serait davantage encore à l'avenir, moyennant des fabrications en grande série.

4.54 Conclusions

Lorsque le gros œuvre est de dimension précise, des fenêtres en acier peuvent être posées par des équipes de montage spécialisées avec une dépense relativement faible de main-d'œuvre. Aussi n'apparaît-il guère possible de réaliser davantage d'économie à la pose une fois les ouvriers au courant du travail. Le prix de livraison des fenêtres en acier est en général bien supérieur au prix des fenêtres en bois de même grandeur et de même type. Néanmoins les fenêtres simples en acier sont encore dans la zone de dispersion des fenêtres en bois. Plus la fabrication d'une fenêtre en acier est compliquée, plus elle exige une dépense salariale élevée. Les frais généraux de fabrication sont par ailleurs supérieurs à ceux de la fabrication artisanale. Ils augmentent ainsi considérablement les dépenses. La vaste zone de dispersion des prix de revient est donc imputable, en premier lieu, à la diversité des ferrages. L'importance de la série joue peu.

En cas de double vitrage, qu'il ne faut pas confondre avec le vitrage en verre isolant, on a constaté parfois que la face intérieure de la vitre se troublait en raison de la forte densité de poussières de l'air dans la Ruhr. Or, ces vitres sont fixes et ne peuvent être nettoyées.

Lorsque les bâtiments se trouvent dans une zone d'affaissement il est nécessaire, si l'on pose des fenêtres en acier, de protéger soigneusement les éléments contre les tassements. Malgré cela, dans certains bâtiments, des difficultés ont été provoquées par le fait qu'il n'était pas possible de réajuster ultérieurement les fenêtres métalliques.

Néanmoins, en ce qui concerne les constructions normales, on attribue aux fenêtres en acier des frais d'entretien moindres et, par conséquent aussi, une durée plus grande qu'aux fenêtres en bois.

4.6 Escaliers en acier

4.61 Types

En général les escaliers en acier ne sont pas admis en Allemagne dans la construction des logements lorsqu'ils ne sont pas munis d'un revêtement ignifuge. Toutefois, ce revêtement peut, dès le départ, rendre non rentable l'escalier en acier par rapport à d'autres types d'escaliers.

Dans le Land de Basse-Saxe, et en particulier dans la ville de Hanovre, on trouve cependant aujourd'hui encore parfois des escaliers en acier sans revêtement. Ceci peut être aussi imputable aux expériences favorables que l'on a faites, pendant la guerre, en cas d'incendies, avec les escaliers en acier.

C'est pourquoi, à Salzgitter, on a pu mettre en place dans un bâtiment du chantier expérimental sans difficultés des escaliers métalliques à titre expérimental. Ces escaliers se composent de deux profilés en acier en U servant de limon et sur lesquels sont soudés des cornières destinées à supporter les marches. Celles-ci sont en bois recouvert de matière plastique. Le dessous de l'escalier est revêtu de planches bouvetées et peintes.

Des escaliers en acier ont été également mis en place à Dortmund dans les constructions en éléments préfabriqués avec ossature en acier (Hoesch). Il s'agissait d'escaliers à limon en tôle d'acier, préfabriqués à l'atelier et dont les marches, en pierre reconstituée, étaient posées sur la tôle d'acier par l'intermédiaire d'un lit de mortier. Les contremarches et le dessous de l'escalier étaient passés au minium, puis recouverts d'une couche de peinture. Une protection spéciale contre l'incendie n'a pas non plus été exigée dans ce cas.

4.62 Main-d'œuvre et prix de revient

L'ossature d'acier porteuse de l'escalier métallique, mis en place dans un immeuble à trois étages de Salzgitter-Lebenstedt, a nécessité pour la préparation en atelier 72 heures de travail, auxquelles s'ajoutent 166 heures de travail pour le montage dans l'immeuble. La dépense de main-d'œuvre sur le chantier, qui est de 1,73 h par marche, est considérablement inférieure à celle que nécessitent les escaliers de type traditionnel préfabriqués sur place. Pour l'escalier porteur, sans marches, bétonné sur place, il faut compter une dépense de main-d'œuvre de 3 à 4 heures par hauteur de marche.

Le prix de revient des escaliers métalliques a été calculé sur les chantiers de Dortmund et de Salzgitter. Il se compose des éléments suivants (non compris les travaux de peinture):

		Conversion en DM par marche
<i>Dortmund</i>		
Ossature en acier préfabriquée		5,30 DM/marche
Pose sur le chantier		0,90 "
Volées en tôle d'acier	} fourniture	22,— "
		pose
Rampes		17,20 "
Revêtement des marches en plaques de granito		23,50 "
		<hr/> 90,95 DM/marche
<i>Salzgitter</i>		
		Conversion en DM par marche
Paliers (part)		11,90 DM/marche
Fabrication et montage de l'escalier métallique avec rampe		27,85 "
Travaux de menuiserie pour la rampe et le revêtement de l'escalier		29,50 "
		<hr/> 69,25 DM/marche

A titre de comparaison, il est intéressant d'indiquer le prix de revient des escaliers en béton armé montés sur le chantier de Salzgitter au même moment et dans les mêmes bâtiments. Ces escaliers sont composés de volées en béton armé avec des marches en pierre reconstituée, les rampes étant en acier avec main courante en matière plastique. D'après les indications fournies par le maître d'œuvre, leur fabrication a coûté (sans les travaux de peinture) environ 44,— DM par marche. L'escalier métallique a donc été plus cher de 57,5 % que le même escalier en béton armé.

Les escaliers métalliques du chantier de Dortmund ont exigé, par rapport à un escalier comparable du type traditionnel, un supplément de dépense de plus de 100 %, en dépit du fait qu'ils avaient été montés en plus grande série.

Dans ces conditions, et en dépit d'un montage facile et rapide, l'escalier métallique de ce type n'est pas encore compétitif dans la construction de logements.

4.7 Installations sanitaires

Le C.R.A.P.E.R. a procédé à une comparaison économique et technique entre l'équipement d'un logement avec un bloc-technique (brevet Togni) et l'équipement traditionnel. Cette comparaison s'étend sur une série de 100 logements. L'installation sanitaire est constituée par:

- Cuvette W.C. (du type suspendu), lavabo 58 x 44 cm, évier 90 x 45 cm, baignoire 110 x 70 cm, robinetterie.

- b) Tous les circuits d'aménée d'eau froide et chaude, chauffe-eau, conduits d'aération et d'évacuation.
- c) Salaires pour l'installation de cet équipement.

La comparaison des coûts sous a) b) et c) a été faite en pourcentages en prenant pour base 100 l'installation avec bloc-technique.

Comparaison des coûts

	Equipement avec bloc-technique (brevet Togni)	Equipement traditionnel
a) Appareils sanitaires	42 %	42 %
b) Matériaux et main-d'œuvre pour le montage des circuits y compris chauffe-eau	54 %	56 %
c) Main-d'œuvre de maçonnerie à la pose	4 %	12 %
	100 %	110 %

D'après les données du C.R.A.P.E.R., on réalise actuellement lors d'une installation identique une économie de 10 % sur une installation du bloc-technique vis-à-vis d'un équipement traditionnel, par suite de l'abaissement des coûts de main-d'œuvre.

5. Récapitulation

Parallèlement aux études sur la rentabilité de l'utilisation d'éléments en acier, on s'était proposé d'examiner dans quelle mesure les imprécisions dimensionnelles avaient une influence sur les dépenses de main-d'œuvre lors de la fabrication et du montage, comment les dépenses variaient en fonction des influences extérieures et comment se présentaient les coûts des éléments en acier par rapport aux coûts des éléments traditionnels semblables.

5.1 Portes

On a procédé des études sur l'influence de la précision des mesures lors du montage des portes. Les résultats mettent clairement en évidence que des écarts de dimension dans les fournitures d'huisseries ou de panneaux de portes ou dans l'encastrement exigent des dépenses de main-d'œuvre plus élevées lors de la mise en place. Les dépenses de main-d'œuvre par porte augmentent donc avec les écarts de dimension. Sur un chantier allemand, la différence de dépense de main-d'œuvre pour le montage des portes était de 0,2 à 0,3 heure par porte, c'est-à-dire de 25 à 30 % d'heures de travail supplémentaires par rapport à un montage méthodique sur un chantier expérimental italien, le montage des portes ne demandait au total que 0,2 heure par porte. Ceci s'explique manifestement par la méthode de travail adoptée, qui permettait une pose très précise des huisseries.

On a également étudié les différentes méthodes de travail utilisées pour le montage des huisseries et on a observé et comparé quelles étaient leurs répercussions sur la dépense de main-d'œuvre. Cette comparaison revêt une importance particulière en Allemagne où deux méthodes différentes sont employées parallèlement. On a constaté que la dépense de main-d'œuvre pour la pose des huisseries avant maçonnerie des murs était bien moindre que pour la pose après maçonnerie. Les

économies d'une telle pose s'élevaient à 70 ou 80 % de la dépense pour la pose après maçonnerie.

Alors que le coût des portes à huisseries en acier se situe à peu près à l'intérieur de la zone de dispersion des coûts des portes avec habillage d'embrasure et chambranles en bois, la méthode de travail peut avoir une telle influence sur les coûts que les portes avec huisseries en acier peuvent devenir plus rentables que les portes traditionnelles. En Allemagne où les avantages techniques des huisseries en acier (économie des travaux de finition) ont une importance particulière – car les huisseries en bois ayant les mêmes avantages n'y sont pas courantes –, l'étude des méthodes de pose les plus efficaces peut contribuer notablement à l'expansion de l'utilisation des huisseries en acier.

C'est en effet sur les chantiers expérimentaux allemands que l'on a relevé les coûts salariaux les plus élevés et, par suite, des coûts globaux plus élevés que dans les autres pays.

5.2 Murs

Si les coûts des maisons construites selon le procédé Hoesch à Dortmund (54 maisons) se situent encore pour l'instant à la limite supérieure de la zone de dispersion des coûts de constructions comparables construites avec des éléments traditionnels, les études laissent cependant prévoir que, pour une série plus importante de maisons semblables, les ossatures légères en profilés à froid (fabriquées à partir de tôles d'acier en larges bandes par travail à froid) utilisées dans ce cas avec d'autres éléments préfabriqués peuvent parfaitement être rentables. C'est ce que montre aussi le fait que les économies de mise en place ont atteint, pour la première réalisation, jusqu'à 60 % de la dépense de main-d'œuvre.

En ce qui concerne le procédé Domofer, employé sur le chantier de Florange, les coûts de construction sont un peu plus élevés qu'avec le procédé Hoesch. D'après les indications de l'institut de recherche français, les coûts dépassent ceux des types de construction traditionnels. En effet, la dépense de main-d'œuvre sur le chantier est de 22 à 23 heures au total par mètre carré de surface, auxquelles viennent s'ajouter 3 à 4 heures par mètre carré de surface habitable pour la fabrication en usine. Sur des chantiers semblables on compte en règle générale, avec les procédés traditionnels, de 22 à 30 heures par mètre carré de surface habitable.

Les données recueillies sur la fabrication des murs et des plafonds avec des tôles de coffrage sur le chantier de Beyne-Heusay ne permettent pas encore de tirer de conclusions définitives quant à la rentabilité de ce procédé. Les coffrages de la dimension d'un mur et d'un plancher n'ont pas contribué ici à une diminution de la dépense de main-d'œuvre. Des coffrages de plus petit format (par exemple de la hauteur d'un étage et de 20 à 30 cm de largeur seraient peut-être plus rentables, tout au moins pour des séries de l'importance de ce projet de construction).

5.3 Toitures en acier

Dans la construction des logements, l'emploi de charpentes de toitures en acier est encore rare jusqu'à maintenant. Même après la mise au point de profilés légers en acier, de tels éléments ne peuvent pas encore concurrencer les charpentes en bois du point de vue de la rentabilité.

En employant des fermes légères en acier on obtient un montage rapide des combles qui sont alors inattaquables par les parasites animaux et végétaux, et incombustibles. Par ailleurs cette méthode dégage le grenier de tout encombrement par contrefiches et jambes de force. Les

constructions en acier examinées sont toutefois plus chères que les constructions comparables en bois, la différence atteignant 15 à 20 %. La possibilité de réduire les coûts en réalisant des séries plus importantes réside uniquement dans la fabrication même des éléments; la pose n'intervient en effet dans les dépenses que pour environ 5 % du coût de fabrication.

5.4 Fenêtres en acier

Il est possible de poser des fenêtres en acier sur un gros œuvre à dimensions précises avec une dépense de main-d'œuvre relativement faible. Le prix de fourniture des fenêtres en acier est cependant plus élevé que celui des fenêtres en bois de mêmes dimensions et de même type. La vaste marge de dispersion des prix de fourniture est imputable, en premier lieu, aux différences de ferrage. L'importance de la série joue peu.

Pour les bâtiments ordinaires on considère que les fenêtres en acier ont des frais d'entretien plus réduits et durent plus longtemps que les fenêtres en bois.

5.5 Escaliers en acier

Pour réduire les risques en cas d'incendie, les escaliers en acier ne sont admis dans la République fédérale qu'à certaines conditions.

Les enquêtes faites à Salzgitter et à Dortmund montrent que, même sans dispositif supplémentaire de sécurité contre l'incendie, les escaliers en acier reviennent plus cher que les escaliers traditionnels en béton armé. En revanche le montage de ce type d'escalier sur le chantier exige beaucoup moins de main-d'œuvre que celui des escaliers réalisés sur place.

*Chapitre VIII Application de la coordination
modulaire sur les chantiers
expérimentaux*

C.D.U. 721.013 : 69.001.5 (100)

Sommaire

	Page
Introduction	349
(présentée par le C.S.T.B., Paris; texte original: français)	
Application de la coordination modulaire sur les chantiers expérimentaux allemands . . .	350
(présentée par l'Institut für Bauforschung, Hanovre; texte original: allemand)	
Application de la coordination modulaire sur les chantiers expérimentaux belges	352
(présentée par l'Institut national du logement, Bruxelles; texte original: français)	
Application de la coordination modulaire sur les chantiers expérimentaux français . . .	355
(présentée par le C.S.T.B., Paris; texte original: français)	
Application de la coordination modulaire sur le chantier expérimental de Milan-Forlanini	358
(présentée par le C.R.A.P.E.R., Milan; texte original: italien)	
Application de la coordination modulaire sur le chantier expérimental de Heemskerk . . .	361
(présentée par le Bouwcentrum, Rotterdam; texte original: néerlandais)	

Introduction

Avant d'examiner les applications de la théorie de la coordination modulaire qui ont été faites sur les chantiers du deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A., il n'est pas sans intérêt de rappeler les instructions données à ce sujet par les directives administratives et techniques de ce programme et d'examiner comment les dispositions préconisées par ces instructions se situaient par rapport à celles des normalisations nationales alors en vigueur.

Il faut tout d'abord souligner qu'en 1956, à l'époque où furent élaborées les directives susvisées, la théorie de la coordination modulaire était un sujet relativement nouveau dans les discussions internationales et ne reposait pas encore sur des bases incontestées.

Le document auquel les directives invitaient les maîtres d'œuvre à se reporter pour se familiariser avec la théorie de la coordination modulaire était le rapport publié à la suite de la première phase du projet n° 174 de l'Agence européenne de productivité.

Mais ce rapport n'était qu'un rapport provisoire; la théorie qu'il exposait et sur laquelle certaines divergences de vues subsistaient entre les pays participants devait être mise à l'épreuve au cours d'une deuxième phase comportant essentiellement la réalisation de constructions expérimentales, conçues et construites conformément à la théorie élaborée au cours de la première phase.

En fait, l'établissement des directives dimensionnelles introduites dans les directives administratives et techniques s'était heurté à des difficultés dues au fait que les pays membres de la C.E.C.A. avaient déjà adopté certains principes de normalisation qui n'étaient pas en complète harmonie avec les recommandations qu'il s'agissait de mettre en application. C'est ainsi que, depuis 1951, l'Institut allemand de normalisation avait mis en vigueur une norme DIN 4172 intitulée «Massordnung im Hochbau» (Coordination dimensionnelle dans la construction), qui mettait en corrélation deux gammes de dimensions, l'une basée sur le module de 12,5 cm, à utiliser de préférence pour le gros-œuvre (Rohbau), l'autre basée sur le module de 10 cm, à utiliser de préférence pour le second-œuvre (Ausbau). Or, les autres pays membres de la C.E.C.A. avaient adopté un module unique de 10 cm aussi bien pour les éléments du gros-œuvre que pour les éléments du second-œuvre:

- Norme belge - Coordination des dimensions des constructions NB 180 de 1948
- Norme française - Bâtiment - Dimensions des constructions NF P 01-001 de septembre 1942
- Norme italienne - Coordination dimensionnelle dans la construction. Système du module UNI-2951 de 1949
- Projet de normalisation hollandaise - Rapport de la Commission consultative de décembre 1950 de Hoofdcmissie voor de Normalisatie in Nederland.

D'autre part, des difficultés se présentaient dans les applications pratiques de la théorie. C'est ainsi, en particulier, que dans la normalisation française la modulation basée sur le module de 10 cm avait, pour certains éléments de la construction, été appliquée à des dimensions dites alors «nominales», qui ne correspondaient pas à celles retenues dans le projet AEP 174. A titre d'exemple, alors que pour les portes et les huisseries le projet AEP 174 adoptait comme dimension modulaire la largeur totale hors huisseries, la norme NF P 01-004 prévoyait que c'était la largeur «nominale» de passage, c'est-à-dire la distance entre les faces internes de l' huisserie qui devait être une dimension modulaire.

On peut également citer le cas des fenêtres, pour lesquelles le projet AEP 174, en vertu du principe général suivant lequel les éléments de construction ne devaient pas déborder de l'espace modulaire qui leur était assigné, avait prévu que les dimensions modulaires des fenêtres seraient les

dimensions hors bâti dormant. Cette disposition ne gênait pas les pays dans lesquels les bâtis sont couramment posés «en tableau»; mais elle pouvait gêner d'autres pays dans lesquels il est de pratique courante de poser les bâtis en «feuillures».

Ainsi donc, les directives dimensionnelles du programme n'étaient pas toujours conformes aux dispositions des normalisations nationales en vigueur à l'époque. Quoi qu'il en soit, les maîtres d'œuvre se sont évertués à respecter les directives du programme; mais, dans certains cas, le comité restreint des experts, qui avait la tâche d'approuver les projets, a dû accorder quelques dérogations, soit parce que des prescriptions réglementaires applicables aux constructions aidées par l'État n'étaient pas en harmonie avec ces directives, soit parce que certains éléments de construction de dimensions conformes à celles prévues par les directives n'étaient pas couramment disponibles dans l'industrie et auraient dû être fabriqués spécialement, ce qui aurait augmenté leur prix de revient.

C'est ainsi que pour la hauteur d'étage les directives proposaient une hauteur de sol fini à sol fini de 2750 mm pour respecter une norme obligatoire allemande (DIN 4174). Cette disposition n'a pu être suivie pour l'ensemble des chantiers, en raison de réglementations ou de normalisations particulières existant sur ce point dans les autres pays de la C.E.C.A.

La Belgique a adopté une hauteur d'étage de sol à sol fini de 2,60 m. En France, on a dû pour plusieurs chantiers respecter les prescriptions techniques et fonctionnelles minimales applicables aux Habitations à Loyer Modéré qui imposaient une hauteur de 2,50 m de sol à plafond.

De même, pour ce qui concerne les portes intérieures, la norme française P 10-402 prévoit que les largeurs des baies sont des multiples de 10 cm, augmentés de 5 cm, alors que les directives prévoyaient que les largeurs modulaires de ces mêmes baies devaient être multiples de 10 cm. Cette dernière prescription conduisait à utiliser des portes et des huisseries de dimensions non courantes en France, et dans plusieurs chantiers on a été amené, de ce fait, à déroger aux directives relatives auxdites fournitures.

Malgré les difficultés évoquées ci-dessus, les maîtres d'œuvre des chantiers du deuxième programme se sont efforcés, dans l'établissement de leurs projets, de respecter dans la mesure où cela leur a été possible, les directives dimensionnelles contenues dans le programme et de se conformer aux principes de la coordination modulaire.

On observera néanmoins, d'après les exposés qui suivent, que certains maîtres d'œuvres se sont écartés de l'application stricte de la théorie générale du réseau modulaire, pour adopter des réseaux modulaires discontinus insérés entre les mailles formées par des murs ou des planchers. Il faut d'ailleurs signaler qu'en agissant ainsi, ils sont allés dans le sens d'un assouplissement de la théorie, dont la nécessité est apparue depuis les premières études du projet AEP 174. Les interprétations diverses qui se sont ainsi manifestées dans la pratique sont d'ailleurs intéressantes, car elles soulignent la difficulté des problèmes qui restent à résoudre pour mettre au point et appliquer une théorie complète et homogène de la coordination modulaire.

Application de la coordination modulaire aux chantiers expérimentaux allemands

Rappelons que le deuxième programme de constructions expérimentales prévoyait la prescription de grandeurs de référence à observer pour le projet et la réalisation des bâtiments d'habitation, ainsi que la détermination des cotes nominales essentielles des éléments de construction. Les prescriptions relatives aux dimensions du bâtiment se limitaient aux parties étroitement associées aux éléments en question. Cette coordination était basée sur des grandeurs de référence correspondant à des multiples de 10 cm.

Cette recherche avait pour objet d'étudier d'application dans les pays de la Communauté de la coordination modulaire dans le bâtiment.

En ce qui concerne les chantiers allemands, nous prendrons comme exemples les projets de construction de Dortmund-Scharnhorst et de Höngen.

Dortmund-Scharnhorst

Le projet de Dortmund-Scharnhorst comprend 54 logements, répartis à raison de 2 par étage dans des maisons de 3 niveaux. Celles-ci comportent une ossature métallique, réalisée en profilés légers d'acier de même que les poutrelles de plancher.

Le plan est basé sur une trame de 1,20 m. C'est l'écartement de tous les poteaux extérieurs et intermédiaires de l'ossature ainsi que des fermes. La distance entre appuis des pannes est de 2,50 m. Dans ce projet, les poutrelles des planchers vont de façade à façade sur toute la largeur de la maison et elles ont une longueur de 8,40 m. Cette dimension n'était pas prévue dans les directives, mais elle représente la somme de deux cotes prescrites de 3,60 m et de 4,80 m. Les dimensions des panneaux de façades – 1,20 x 0,50 m – et celles des dalles de planchers – 2,40 x 0,50 m – découlent de la trame de l'ossature métallique. Les cloisons légères préfabriquées ont 1,20 x 2,50 m.

La hauteur d'étage, mesurée entre le dessus de deux planchers superposés est de 2,75 m. L'escalier a la pente requise de 286/172.

La grandeur de référence pour la largeur des fenêtres est identique à l'écartement des poteaux, lequel correspond à la trame de 1,20 m. La hauteur des fenêtres est de 1,50 m. Les baies des portes dans le gros-œuvre ont une largeur de 0,70, 0,80 et 0,90 m et une hauteur de 2,00 m.

Les dimensions des emplacements prévus pour la pose des appareils sanitaires sont conformes aux directives.

Les placards encastrés se composent d'éléments mesurant 1,00 x 0,60 m.

Ainsi, la mise au point et l'application adéquate d'un réseau modulaire approprié ont permis, sur le chantier de Dortmund, de déterminer les cotes de tous les éléments de construction essentiels à partir du module de base de 10 cm.

Höngen

Le projet de Höngen comprend 126 logements, répartis à raison de 2 par étage dans des maisons de trois niveaux. Elles sont en maçonnerie, avec plancher en béton armé. A l'origine, le projet se fondait sur le système dimensionnel de la norme DIN 4172, qui s'applique obligatoirement à la construction des logements sociaux dans la république fédérale d'Allemagne. Bien que la grandeur de référence de cette norme parte d'un module de 12,5 cm, les écarts par rapport au module C.E.C.A. de 10 cm sont insignifiants si l'on tient compte des considérations suivantes.

Si l'on ajoute au module de base allemand de 12,5 cm la moitié de sa valeur, soit 6,25 cm, on obtient une cote de gros-œuvre de 18,75 cm. On a ainsi pour les baies une cote nette (après adjonction de 1,0 cm pour l'épaisseur des joints) de 19,75 cm. Eu égard aux tolérances couramment admises dans la pratique, l'écart de 0,25 cm par rapport au double du module de 10 cm est négligeable en pratique. La multiplication de deux modules allemands donne 0,50 m, 1,00 m, 1,50 m, etc. Dès lors, toutes les cotes intérieures et toutes les dimensions des baies, dans la

mesure où elles correspondent à un multiple du module de base C.E.C.A., peuvent être réalisées sans qu'il soit nécessaire de s'écarter pratiquement des prescriptions des normes allemandes.

Ainsi, en ce qui concerne le chantier de Höngen, l'architecte a pu, dès le stade du projet, adapter toutes les baies des fenêtres aux grandeurs de référence du module de base de 10 cm.

Les hauteurs d'étage, les escaliers, les baies de portes et de fenêtres, ainsi que les emplacements prévus pour les appareils sanitaires, correspondent donc ici aux grandeurs de référence basées sur le module de 10 cm.

En résumé, on peut dire que, sur les chantiers allemands, les travaux traditionnels de maçonnerie, établis suivant les normes allemandes, ont été, à de faibles écarts près, alignés sur le module C.E.C.A., cela s'appliquerait, en particulier, à toutes les dimensions de baies.

Il est donc parfaitement possible de poursuivre la mise au point d'éléments d'aménagement normalisés suivant les propositions du Comité de la C.E.C.A. (fenêtres, portes, placards encastrés, équipement sanitaire) et, grâce à une coordination des modules et à une amélioration continue de la qualité dimensionnelle, de fabriquer et de fournir de tels éléments interchangeables dans les pays de la Communauté européenne.

Application de la coordination modulaire aux chantiers expérimentaux belges

Objet du programme

Le deuxième programme des chantiers expérimentaux avait pour objet de faire une expérience pratique d'application de la normalisation et de la coordination modulaire dans le bâtiment.

L'Institut national du logement de Belgique chargé de dresser les plans des 357 logements à édifier en Belgique et des 54 logements à édifier pour le compte de la ville d'Esch-sur-Alzette (grand-duché de Luxembourg) a été particulièrement attentif à ce problème et s'est efforcé de présenter une solution qui tienne à la fois compte des normes déjà en vigueur dans ce pays (NBN 180 en 181) et des nécessités industrielles régissant la fabrication d'éléments standardisés susceptibles d'être posés en parfaite harmonie quelles que soient leur provenance et leur position dans le plan.

Caractéristiques techniques

Celles-ci, de même que les caractéristiques fonctionnelles du projet, étant exposées d'autre part, il convient seulement d'en rappeler les points principaux:

Structure: refends porteurs transversaux en béton armé coulé en place en coffrage métallique; planchers constitués par des dalles en béton armé coulé en place sur coffrage métallique.

Façade: panneaux de façade insérés dans des encadrements en béton préfabriqué de 20 cm d'épaisseur à l'about des murs transversaux et des planchers.

Cloisons: en éléments préfabriqués de la hauteur de la pièce.

Finition: les murs et plafonds sont bruts de coffrages (coffrages à surface lisse). Les planchers sont revêtus d'un tapis vinyle sur feutre.

Choix du module

Rappelons que le module de base est de 10 cm.

Le «grand module» ou module de projet est de 60 cm. Cette dimension a été choisie pour les raisons suivantes:

- 1) Argument arithmétique: 60 cm, soit 6 modules de base, est une longueur dont la moitié et le tiers sont des multiples entiers du module de base.
- 2) Argument économique: les plaques de construction sont fabriquées à peu près universellement aux dimensions de 1,22 x 2,44 cm.

L'adaptation au module de 60 cm est donc aisée.

Grand réseau modulaire

Le grand réseau modulaire ne constitue pas une trame continue sur laquelle le plan est dessiné. En effet, il est interrompu à chaque mur porteur.

On est donc en présence d'une série de réseaux indépendants, s'étendant de façade à façade sur la largeur d'une travée.

Position des murs et cloisons par rapport au réseau

Murs porteurs

Le nu fini de chaque mur porteur correspond à une ligne du réseau, de telle manière qu'une série continue d'armoires juxtaposées (de 60 cm ou 120 cm de largeur) puisse trouver place entre 2 refends successifs.

Voir exemple de cette disposition sur le plan de l'étage type (cuisine – coin de repas – dégagement) (page 48).

Cloisons

Les cloisons ont 5 cm d'épaisseur entre faces finies. Elles sont posées avec une de leurs faces finies contre la ligne du réseau modulaire. Cette disposition permet de ne pas empiéter sur l'espace modulaire dans les pièces qui sont dotées d'un équipement incorporé.

Exemple

Du mur-rideau de la cuisine à celui de la chambre à coucher qui occupe la même travée, trois cloisons successives doivent trouver place sur la grille modulaire.

- 1) Les deux murs-rideaux sont placés contre les lignes externes de la grille, côté extérieur.
- 2) La cloison entre la cuisine et le W.C. est placée contre la sixième ligne du grand réseau, côté W.C.; ainsi, une série continue d'armoires modulées à 60 cm trouve place dans la cuisine, contre le refend, soit de gauche à droite:
 - a) une table de 60 x 60;
 - b) un bloc technique de 180 x 60 contenant le double évier, la cuisinière au gaz, et le réfrigérateur;
 - c) une table de 60 x 60.

- 3) La cloison entre la chambre et la salle de bains est placée contre la neuvième ligne, côté chambre, parce que la chambre n'est pas équipée d'armoires incorporées.
- 4) L'espace entre les 2 cloisons qui précèdent doit être partagé entre la salle d'eau et le W.C. La position choisie donne à la salle d'eau une largeur nette de 100 cm et au W.C. une largeur de 70 cm, qui correspond aux minima fonctionnels.
- 5) La cloison entre le dégagement et les locaux sanitaires se trouve contre la deuxième ligne transversale du réseau à partir du refend. Elle a été placée du côté des locaux sanitaires en raison de l'armoire à linge qui constitue la paroi entre le dégagement et le coin de repas. Cette armoire a 120 cm de largeur, et fait partie d'une série normalisée. Il fallait donc choisir entre deux inconvénients: soit prévoir une armoire hors série, soit recouper les panneaux des cloisons sèches. Cette deuxième solution est celle qui présente le moins d'inconvénients économiques.

Problème des hauteurs

La hauteur d'étage est fixée à 2,60 m, ce qui permet de typifier l'escalier aux normes suivantes:

14 marches de 18,5 cm

2 volées de 1,50 m de longueur entre paliers et de 1,05 m de largeur.

La hauteur des murs-rideaux est de 2,40 m; l'épaisseur des linteaux-seuils est 0,20 m. La hauteur des cloisons sèches est 2,40 m au-dessus du sol fini. Il subsiste un espace total de 20 cm pour le plancher, son revêtement haut et bas et pour les éléments de fixation de la cloison. Cette latitude en hauteur permet d'utiliser un type standard de cloison, préfabriqué aux dimensions industrielles de 1,20 x 2,40 m, quel que soit le type de plancher adopté et la nature de ses revêtements, pour autant que l'épaisseur totale de celui-ci ne dépasse pas 0,20 m.

Dans le cas présent, l'épaisseur prévue est minimum. En effet,

- a) l'enduit de plafond est supprimé grâce à l'emploi de coffrages lisses;
- b) la chape est supprimée grâce à l'emploi d'une taloche rotative pour lisser le béton frais, et à la suppression des tubes électriques dans les planchers;
- c) l'élément porteur est une dalle monolithe en béton armé de 10 à 11 cm d'épaisseur.

Ainsi, l'épaisseur hors tout du plancher ne dépasse pas 11 cm. Si l'on utilisait des planchers préfabriqués creux ou nervurés enduits sur leurs deux faces, on atteindrait vraisemblablement une cote d'épaisseur proche de 20 cm.

Le réglage de la différence se fait:

- 1) par la plinthe et la filière de fixation au sol;
- 2) par la latte ou la gorge contre plafond, et la filière au plafond.

La hauteur des armoires incorporées est de 2,40 m au-dessus du sol fini, socle compris. Toutefois, la cote maximum des portes est de 2,30 m. Les derniers 10 cm sont occupés par une planche de réglage sur laquelle vient s'appliquer la latte ou la gorge qui ferme le joint contre le plafond.

Armoires

Lorsqu'on juxtapose des armoires préfabriquées, le problème essentiel est celui des montants et des joints.

Si l'on admet que l'armoire soit plus petite que l'espace modulaire qui lui revient, afin de permettre par exemple l'empiètement d'un enduit mural sur cet espace, deux difficultés surgissent:

- a) les joints s'accumulent lorsqu'on juxtapose plusieurs meubles; et il faut les fermer par d'inélagants couvre-joints;
- b) les meubles dont la largeur est de plusieurs modules (120 ou 180 cm) doivent avoir des montants intermédiaires trop larges, si l'on désire que les portes restent alignées.

Pour résoudre ces difficultés, il faut poser en principe:

- a) que le meuble occupe intégralement l'espace modulaire qui lui revient (sauf le jeu nécessaire pour la pose et les tolérances);
- b) que les portes occupent en largeur tout cet espace modulaire.

Dès lors, la dimension des portes est la dimension nominale moins les jeux et les tolérances. Les portes recouvrent donc les montants aussi bien du côté charnière que du côté ouvrant.

Position des montants ou des panneaux transversaux verticaux

Dans chaque meuble autonome, la position des panneaux extrêmes est contre la plan modulaire qui limite le meuble latéralement.

Il en résulte que lorsque l'on juxtapose deux meubles autonomes, il y a deux panneaux de part et d'autre du plan qui les sépare.

Si l'on construit ces deux meubles en un seul bloc, on peut faire évidemment l'économie de l'un des panneaux, mais celui qui demeure reste à sa place primitive, c'est-à-dire contre le plan modulaire, et non à cheval sur ce plan.

Ainsi les détails constructifs restent standard. Seules les quincailleries de suspension des portes doivent changer, de l'un des deux côtés.

L'avantage de cette disposition est que les pièces d'équipement intérieur des armoires (tiroirs, casiers, etc.) peuvent être les mêmes dans un meuble autonome de 60 cm que dans un meuble monobloc de plusieurs modules.

Application de la coordination modulaire sur les chantiers expérimentaux français

Les applications de la coordination modulaire sont examinées ci-après pour les chantiers suivants:

Konacker, Florange (procédé Domofer), Longwy et Carmaux.

Chantier de 100 logements au Konacker

Module de projet

Le maître d'œuvre a adopté un module de projet de 0,80 m et les principales dimensions de la construction sont multiples de ce module de projet.

- Largeur de cage d'escalier: 2,40 m;
- Pièces du logement occupant une largeur de 5 et de 4 modules de 0,80 m;
- Largeur de baies pour fenêtre à deux, quatre et cinq vantaux: 2, 4 et 5 modules de projet;
- Portes intérieures de 0,80 m de largeur de passage (un module de projet).

A noter que le quadrillage modulaire de projet ne constitue pas une trame continue pour l'ensemble des bâtiments en bande. Il est interrompu au droit des murs pignons de chaque côté des cages d'escaliers. On se trouve donc en présence de quadrillages indépendants, mais à modules égaux, correspondant à deux logements mitoyens.

Position des murs et cloisons par rapport au quadrillage

Ainsi qu'il est dit ci-dessus, le quadrillage modulaire est interrompu au droit des murs pignons. Le nu intérieur fini des murs pignons est donc situé sur une ligne du quadrillage modulaire de projet. Par contre, pour le mur mitoyen, c'est l'axe du mur qui est situé sur une ligne du quadrillage modulaire.

Les cloisons secondaires sont disposées suivant les besoins de la distribution, tantôt avec une face finie sur une ligne du quadrillage, tantôt avec leur axe confondu avec une ligne du quadrillage. Quelques portions de cloisons de faible importance se trouvent à l'intérieur des lignes du quadrillage.

Baies dans les murs extérieurs

Les tableaux des baies dans les murs extérieurs sont situés sur des lignes du quadrillage modulaire de projet.

Escaliers

Le maître d'œuvre a adopté une hauteur de sol fini à sol fini de 2,75 m. Les dispositions des escaliers sont conformes aux directives. Ils sont composés de deux volées identiques, comportant chacune huit marches.

Société immobilière thionvilloise. 112 logements à Florange

Procédé de construction Domofer

Dans le procédé de construction Domofer, la modulation en plan est commandée par la modulation des murs semi-rideaux de la façade, dont le bardage extérieur est réalisé à l'aide de panneaux en tôle galvanisée, profilée au galet. La largeur à l'emboîtement de ces panneaux, dont l'outillage de fabrication existe depuis 1954, est de 50 cm et le module de projet adopté est donc obligatoirement de 50 cm.

Il en résulte que la plupart des dimensions concernant l'implantation de l'ossature sont des multiples du module de 50 cm. C'est ainsi que les distances d'entre-axe des poteaux de façade sont de 2,50 m (5 modules) et 3,50 m (7 modules). En particulier, la distance entre axes des poteaux de la travée de la cage d'escalier est de 2,50 m.

Le choix du module de 50 cm et l'impossibilité pour la Société Domofer de modifier ses fabrications pour ce chantier particulier ont conduit le comité restreint des experts à accepter certaines dispositions qui s'écartent des directives techniques.

Planchers

L'écartement des portiques étant de 2,50 m et 3,50 m, les portées libres des planchers sont 2,35 m et 3,35 m au lieu des 2,40 m et 3,60 m préconisés.

Fenêtres

Les écartements de fenêtres s'emboîtant sans jeu dans les ouvertures de baies de la façade sont réalisés à des cotes multiples de 50 cm; leurs dimensions correspondent aux dimensions modulaires des baies, dimensions qui respectent la normalisation française.

Hauteur d'étage

On a respecté la dimension de hauteur libre sous plafond de 2,50 m qui était celle imposée pour les H.L.M.

Le plancher ayant une épaisseur totale de 22 cm, la hauteur d'étage de 2,75 m proposée par les directives n'a pu être exactement respectée. Il résulte de cette circonstance que la hauteur de marche n'est pas non plus exactement conforme à celle indiquée dans les directives.

Société immobilière du bassin de Longwy

Chantier de Longwy

Le module de base adopté pour ces constructions n'est pas le module de 10 cm de la normalisation française. Le maître d'œuvre a adopté le module allemand de 12,5 cm, prescrit par la DIN 4172 pour les ouvrages de gros-œuvre.

Ce choix a été commandé par l'utilisation, pour la construction des murs porteurs en béton banché, de coffrages-grilles Isorapid. Ainsi que cela a été signalé dans le rapport concernant les applications de l'acier dans les chantiers du deuxième programme, ce coffrage est construit sous licence du procédé allemand Kronprinz-Kuske, mais comme, au début, l'entreprise exploitant le coffrage Isorapid utilisait des coffrages fabriqués par la firme Stahlbau en Sarre, on a conservé pour les coffrages actuellement fabriqués en France, les mêmes dimensions que celles des coffrages allemands.

Les banches Isorapid ont une hauteur uniforme de 2,50 m (20 modules). Elles existent en 4, 6, 9, 10 et 12 trous d'assemblage. Ces trous sont régulièrement espacés de 6,25 cm d'axe en axe ($\frac{1}{2}$ module).

Le plan type de l'étage courant a été réalisé selon ces données et le plan de disposition des banches établi par l'entreprise indique, à l'intention du chantier, les catégories de banches utilisées: 4, 6, 9 et 10 trous.

Il résulte de l'adoption du module de 12,5 cm que la plupart des dimensions principales de l'ossature sont des multiples de ce module.

Les portées libres de plancher sont de 3,00 m et de 4,50 m; elles rentrent dans la série de dimensions prévue dans les directives techniques.

Les baies dans les murs extérieurs ont les dimensions suivantes:

Salles d'eau et cuisine:	largeur 1,50 m; hauteur 1,00 m
Cage d'escalier:	largeur 1,50 m; hauteur 0,80 m
Pièces d'habitation:	largeur 1,50 m et 2,00; hauteur 1,20 m.

La hauteur d'étage de sol fini à sol fini est de 2,75 m et est donc conforme à la hauteur d'étage proposée par les directives.

Société «Le Toit carmausin». Construction de 80 logements à Carmaux

Pour l'établissement de son projet, l'architecte, tout en respectant la modulation de base au module de 10 cm, n'a pas adopté le principe du quadrillage modulaire de projet. Il a adopté une trame qui présente les particularités suivantes:

- Dans le sens de la façade, la valeur du module multiple est de 1,00 m, tandis que dans le sens de l'épaisseur du bâtiment le module multiple est de 0,80 m, de sorte que la trame est constituée de rectangles de 1,00 x 0,80 m.
- Cette trame n'est pas continue dans le sens de la façade; elle est interrompue au droit des murs ou des poutres transversales, de sorte qu'on obtient des portées libres multiples de 1,00; portées de 3,00 m et 4,00 m.

Dans le sens de l'épaisseur du bâtiment, les poteaux de refend sont disposés en deux files écartées de 3 modules de 0,80 m chaque file ayant son axe sur une ligne de la trame, de sorte que dans ce sens on a un élément central de 2,20 m de portée et deux travées adjacentes de 3,00 m de portée.

Les panneaux de remplissage de façade sont des panneaux préfabriqués Elafer, dont on trouve la description et les dessins dans le «Rapport concernant les applications de l'acier dans les chantiers du deuxième programme». Les dimensions de fabrication de ces panneaux sont adaptées aux dimensions modulaires des panneaux qu'ils ont à remplir, à savoir: panneaux de 3,00 x 2,50 m et 4,00 x 2,50 m. Ces panneaux comportent des allèges de 1,02 m de hauteur (mesurée du sol fini à la partie supérieure de la pièce d'appui) et des châssis de 1,48 m de hauteur (mesurée de la partie supérieure de la pièce d'appui à la partie supérieure de la traverse haute du bâti dormant), correspondant au niveau de la sous-face finie du plancher.

Application de la coordination modulaire sur le chantier de Milan-Forlanini

Objet du programme

Etant donné que le second programme de chantiers expérimentaux financés avec l'aide de la C.E.C.A. visait, entre autres, à réaliser une expérience pratique d'application de la normalisation et de la coordination modulaire dans la construction, on s'est efforcé dans le projet relatif au chantier expérimental de Milan d'utiliser dans toute la mesure du possible des éléments de dimen-

sions coordonnées et de les combiner avec des éléments de fabrication courante, même de dimensions non coordonnées. Cela a été fait pour les murs porteurs et pour les huisseries extérieures. C'est la coordination de ces deux éléments qui offrait le plus grand intérêt car tous les autres éléments ne présentaient que des problèmes mineurs du point de vue de la coordination modulaire.

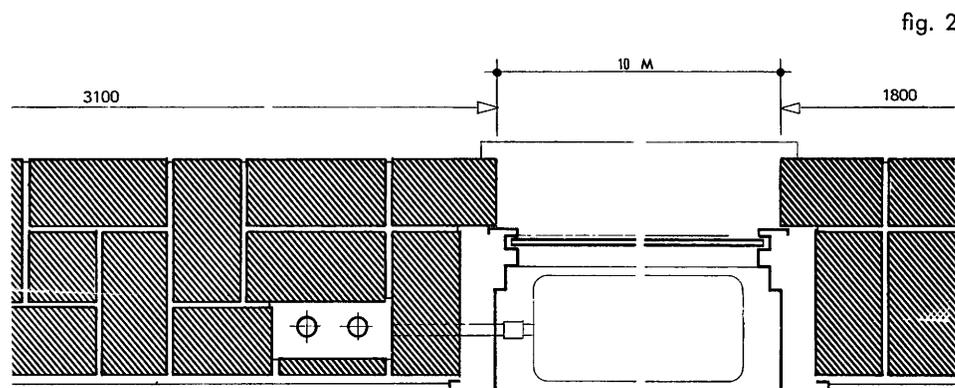
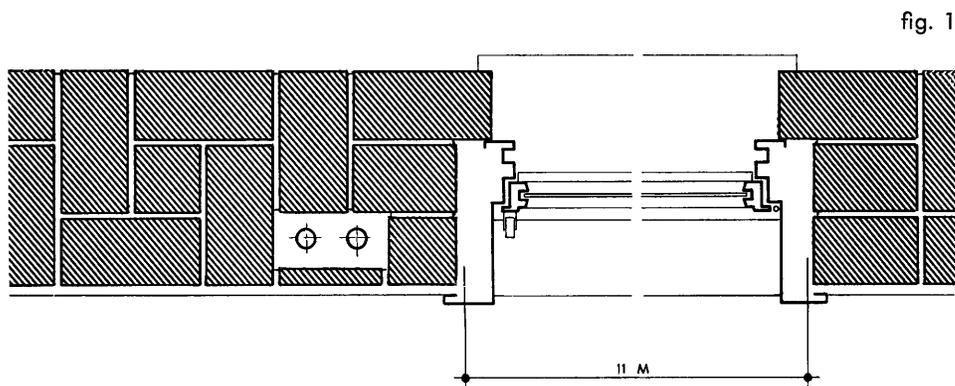
Caractéristiques techniques

Elles sont limitées aux éléments indiqués ci-dessus: murs porteurs et huisseries extérieures.

Murs porteurs

Etant donné le type de bâtiments et le coût actuel des matériaux, on a estimé opportun de réaliser une structure portante en briques double UNI (de dimensions 12 x 12 x 25 cm) dont la surface visible est protégée par une couche de vernis transparent et hydrofuge.

La composition des assises de briques (fig. 1 et 2) a été étudiée en vue de l'insertion des huisseries (bloc-fenêtre) de dimensions modulaires (largeur: 10 M et 15 M) dont la mise en place exacte se fait au moyen de cales métalliques placées avant la construction de la maçonnerie.



En outre, pour le passage des tubes de l'installation de chauffage, on a prévu des logements de dimensions sous-multiples des briques.

Dans la composition des assises de briques, on a utilisé des demi-briques dans le corps de la maçonnerie et de trois-quarts de briques à proximité des montants des châssis. On évite ainsi de retailler des briques et les déchets sont minimes.

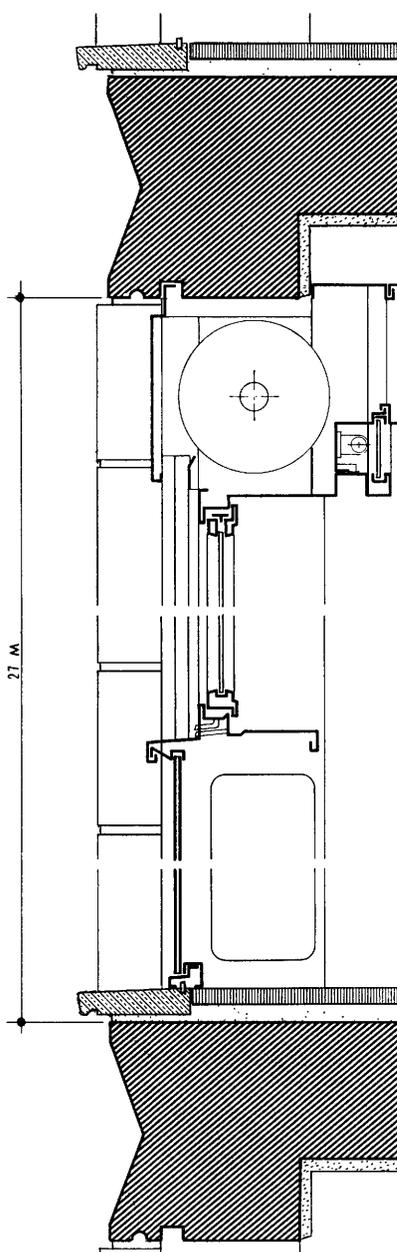
Verticalement, la dimension nominale de l'ouverture de 27 M a été constituée par un nombre entier d'assises de la maçonnerie, soit 21 assises (épaisseur du lit de mortier: 0,8 cm).

Menuiseries extérieures

Elles sont constituées par un bloc-fenêtre (décrit en détail dans le rapport concernant les applications de l'acier sur les chantiers du deuxième programme) de 10 M x 27 M et 15 M x 27 M de dimensions nominales.

Cet élément vient s'insérer dans l'ouverture ménagée dans la maçonnerie; il est limité en largeur par les sections de mur et en hauteur par le dessus et le dessous des poutres en béton armé portant les planchers (fig. 3).

fig. 3



Application de la coordination modulaire sur le chantier expérimental néerlandais

Le deuxième programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. devait notamment permettre de réaliser une expérience d'application pratique de la théorie de la coordination modulaire, les directives contenaient à cet effet un certain nombre de prescriptions. Une grande partie de celles-ci ont pu être observées en pratique aux Pays-Bas; d'autres n'ont pas pu être respectées pour des raisons d'ordre pratique ou théorique. On trouvera ci-après les détails correspondants en ce qui concerne le chantier d'Heemskerk.

Construction

On a construit des immeubles d'habitation à quatre niveaux sur sous-sol. Les 152 logements sont répartis en trois bâtiments de 16 logements; deux bâtiments de 24 logements et 1 bâtiment de 40 logements. La description de la construction figurant dans une autre partie du présent rapport, il suffira d'en rappeler ici les caractéristiques principales.

Une fondation sur pieux, adaptée à la nature du terrain à bâtir, comportant des semelles en béton armé et un plancher de sous-sol également en béton armé supporte les murs en maçonnerie:

- les murs mitoyens, les parois intérieures des murs creux et les cloisons, composés de blocs d'une hauteur nominale de 25 cm (au sens des règles de mesure de la dimension modulaire);
- les parois extérieures des murs creux, composés de briques hollandaises dont 4 assises superposés correspondent à la hauteur d'un bloc de mur intérieur.

Les murs des sous-sol et les murs des cages d'escalier sont en parpaings de béton de gravier, étanches à l'eau, sans enduit, tous les autres murs étant en parpaings de béton d'agrégats légers enduits. Les épaisseurs des murs sont modulaires et répondent aux prescriptions néerlandaises en matière de construction.

Les planchers des logements et les dalles de couverture sont construits avec des poutrelles préfabriquées Omnia (armées de feuillards formés à froid); en ce qui concerne les logements, les planchers comportent une chape flottante, et en ce qui concerne les dalles de couverture, elles sont munies sur leur face supérieure d'une isolation, constituée par des panneaux en béton cellulaire et d'une étanchéité bitumineuse.

Choix des modules de projet

Les dimensions normalisées des briques empêchent d'utiliser pour la réalisation des murs le module de base de 10 cm. Une fois achevés, les murs d'une demi-brique et les murs d'une brique atteignent en effet une épaisseur d'environ 13 ou 25 cm. Il est peu judicieux d'admettre pour les murs un espace modulaire en épaisseur de 20 cm (2 M) ou de 30 cm (3 M), parce que, de cette façon, on obtiendrait des joints trop importants; il est également peu judicieux de renoncer aux maçonneries en briques, étant donné que, celles-ci étant aux Pays-Bas relativement bon marché et de bonne qualité, on s'en sert presque partout pour la construction de logements. Aussi, s'est-on décidé, pour des raisons d'ordre pratique, à adopter, dans ce cas comme module de projet des murs le demi-module de base. L'épaisseur modulaire des murs d'une demi-brique ou d'une brique est alors de 15 ou 25 cm.

Lors de l'établissement des projets, on n'a pas eu recours à un grand module (p. ex. 6 M = 60 cm), question encore controversée sur le plan international.

Application des dimensions modulaires

Lors de l'élaboration des projets de logement, on s'est attaché à observer les prescriptions nationales applicables à la construction de logements et à se conformer en même temps aux «Directives» de la C.E.C.A. Dans les grandes lignes, cela est apparu possible: les dimensions des bâtiments, des pièces, des baies dans les murs, des châssis des fenêtres, des surfaces carrelées, des escaliers, etc. sont des multiples du module de base, sous cette réserve que, pour tenir compte des maçonneries en briques, on a, dans certains cas, adopté des dimensions multiples d'un demi-module.

Conformément aux «Directives», la hauteur d'étage a été fixée à 275 cm. Comme le format des briques n'influe guère sur cette dimension, nous estimons qu'il vaut mieux retenir à l'avenir une hauteur d'étage brute de 280 cm (normalisée entretemps aux Pays-Bas), parce que cette hauteur est une dimension modulaire et que tous les éléments qui s'y rapportent – escaliers, canalisations verticales – peuvent également recevoir des dimensions modulaires.

*Annexe I Directives techniques applicables
au deuxième programme de
constructions expérimentales
de la C.E.C.A.*

C.D.U. 69.001.1

(Texte original : français)

Sommaire

	Page
Introduction	367
A. Caractéristiques fonctionnelles des bâtiments et des logements	367
1. Utilisation de l'espace	367
1.1 Forme des immeubles	367
1.2 Nombre de niveaux	367
1.3 Escaliers	367
1.4 Ascenseurs	367
1.5 Locaux de service	367
1.6 Composition des logements	368
1.7 Surface habitable des logements	368
1.8 Conception du plan. Surfaces et dimensions des pièces	368
1.9 Éclairage	369
2. Équipement (vie et confort)	369
2.1 Alimentation en eau, gaz et électricité	369
2.2 Évacuation d'eaux usées et des ordures ménagères	369
2.3 Équipement sanitaire	369
2.4 Éclairage artificiel	370
2.5 Chauffage central	370
2.6 Évacuation des fumées	370
3. Protection et sécurité	370
3.1 Isolation thermique et condensation	370
3.2 Isolation phonique	371
3.3 Protection contre l'incendie	371
3.4 Protection contre l'humidité	372
3.5 Protection contre l'effraction	372
3.6 Protection contre les rongeurs	372
B. Caractéristiques techniques des éléments de la construction	372
1. Note introductive	372
2. Fondations et infrastructure	372
3. Ossature	373
4. Parois verticales extérieures	373

	Page
5. Planchers	373
6. Toiture inclinée	373
7. Escaliers	373
8. Fenêtres	373
9. Persiennes (volets)	374
10. Huisseries et bâtis	374
11. Couverture	374
12. Canalisations	374
13. Équipement sanitaire	374
14. Équipement ménager	374
C. Caractéristiques dimensionnelles	374
1. Considérations générales	374
1.1 Portée des directives dimensionnelles	374
1.2 Compatibilité avec les normes nationales actuellement en vigueur	375
1.3 Relations ente le programme et le projet A.E.P. n° 174	375
2. Dimensions des bâtiments et des éléments de construction	375
2.1 Hauteur d'étage	375
2.2 Escaliers	375
2.3 Planchers	376
2.4 Fenêtres	376
2.5 Portes intérieures	377
2.6 Équipement sanitaire	377

Introduction

L'exécution du programme de constructions expérimentales imposait que soient réunies, au préalable, un certain nombre de conditions communes, les unes administratives, les autres techniques, que les maîtres d'ouvrage, les architectes et les entrepreneurs avaient à respecter pour la réalisation des travaux en cause.

Les directives administratives concernaient les obligations qui incombait tant aux maîtres d'ouvrage qu'aux architectes et entrepreneurs pour collaborer à la bonne exécution du programme d'études et respecter les prérogatives qui seront dévolues par la Haute Autorité aux experts chargés d'assurer le développement des études.

Les directives techniques concernaient les caractéristiques de divers ordres que devront présenter les constructions, ainsi que les prestations minima imposées obligatoirement pour l'exécution des projets. Ces conditions techniques font l'objet de la présente annexe.

Ces directives étaient de deux sortes. Celles concernant les caractéristiques dimensionnelles et techniques ont un caractère intangible. Celles concernant les caractéristiques fonctionnelles ne fixent que le cadre à l'intérieur duquel les architectes devaient se tenir pour fixer les caractéristiques de leurs projets, compte tenu des réglementations nationales particulières, applicables aux catégories des logements à construire.

A. CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES DES BÂTIMENTS ET DES LOGEMENTS

1. Utilisation de l'espace

1.1 Forme des immeubles

Les bâtiments sont constitués d'immeubles en bandes dont chaque tranche comporte une cage d'escalier desservant deux appartements.

1.2 Nombre de niveaux

Les immeubles comportent un sous-sol partiel ou total, un rez-de-chaussée et 2 ou 3 étages.

1.3 Escaliers

Les escaliers sont à volées droites; leur largeur de passage sera au moins égale à 1 m.

1.4. Ascenseurs

Il n'est pas prévu d'ascenseur.

1.5 Locaux de service

En cave, il sera prévu, en dehors des caves individuelles, une remise pour voitures d'enfants, bicyclettes, motocyclettes, etc., accessible par rampe.

1.6 Composition des logements

Les logements à l'étage courant comporteront obligatoirement au minimum:

- trois ou quatre pièces principales (séjour et chambres)
- une cuisine séparée de la salle de séjour
- une salle d'eau (salle de bains)
- un W.C. accessible de l'intérieur du logement, sans qu'il soit nécessaire de passer par une autre pièce, et de préférence, indépendant de la salle d'eau (salle de bains)
- des volumes de rangement définis ci-après.

1.7 Surface «habitable» des logements

La surface habitable s'entend de la surface de plancher construite, sous déduction de l'espace occupé par les gros murs, les cloisons, les emmarchements et trémies d'escaliers, les gaines, les embrasures de portes et fenêtres.

La surface «habitable» de chaque logement sera prise dans les limites ci-après:

	Minimum	Maximum
3 pièces principales	51 m ²	65 m ²
4 pièces principales	61 m ²	75 m ²

1.8 Conception du plan. Surfaces et dimensions des pièces

1.8.1 Chambres

La surface de chaque chambre devra être au moins égale à 9 mètres carrés. Néanmoins, il pourra être prévu une seule chambre de moins de 9 mètres carrés, sans que la surface puisse être inférieure à 8 mètres carrés.

1.8.2 Cuisine

La cuisine, séparée de la salle de séjour ainsi qu'il est prévu ci-dessus, aura une surface d'au moins 5 mètres carrés.

1.8.3 Salle d'eau (salle de bains)

La salle d'eau (salle de bains) devra, de préférence, se trouver à proximité des chambres.

1.8.4 W.C.

Le W.C. aura une surface minimum de 1 mètre carré et ne devra jamais communiquer directement avec la cuisine ni ouvrir sur l'une des pièces principales.

1.8.5 Volumes de rangement

Les volumes de rangement réservés notamment aux vêtements, longe, ustensiles de nettoyage, à l'exclusion des volumes de rangement de la cuisine, devront occuper en plan une surface utilisable au moins égale à 4 % de la surface habitable. Leur hauteur sera d'au moins 2 mètres.

1.9 Éclairement

Chaque pièce principale et chaque cuisine doit être éclairée au moyen d'une ou plusieurs baies dont l'ensemble doit présenter une surface au moins égale à $\frac{1}{10}^{\circ}$ de la surface.

2. Équipement (vie et confort)

2.1 Alimentation en eau, gaz, électricité

Les bâtiments seront alimentés en eau, gaz et électricité là où les réseaux existent.

Indépendamment de l'éclairage public à prévoir éventuellement et de l'éclairage intérieur des logements indiqué ci-après à la rubrique «Équipement des logements», l'ensemble de l'installation devra pouvoir assurer l'éclairage des services généraux des bâtiments.

2.2 Évacuation d'eaux usées et des ordures ménagères

Les conditions applicables à l'évacuation des eaux usées et des ordures ménagères seront conformes aux règlements en vigueur dans les pays intéressés. En tout état de cause, les eaux et les matières usées devront être éloignées de l'habitation dans des conditions telles qu'elles ne puissent jamais nuire à la santé publique. Lorsque l'agglomération comportera un réseau d'assainissement, que l'immeuble pourra y être relié, et que rien ne rendra cette mesure techniquement impossible, le raccordement de toutes les canalisations évacuant des eaux usées et des matières de vidanges sera obligatoire.

Les fosses septiques épuratrices, les fosses chimiques ou appareils analogues, lorsqu'elles ne sont pas interdites, seront établies conformément aux réglementations spéciales en vigueur.

2.3 Équipement sanitaire

L'équipement sanitaire des logements comportera au minimum les installations suivantes:

2.3.1 Lavage corporel et hygiène

Un appareil permettant le lavage du corps et un appareil permettant le lavage du linge, alimentés en eau chaude et froide (ces appareils pouvant être confondus).

Un lavabo,

une évacuation siphonnée par appareil,

un W.C. à chasse d'eau (ou système équivalent), par logement.

2.3.2 Équipement ménager

Un évier-timbre (cuve profonde).

Alimentation eau chaude et froide sur évier.

Évacuation siphonnée.

En outre, un emplacement pour la cuisinière au moins égal, en longueur, à 0,80 m et un emplacement pour le réfrigérateur égal à 0,80 m.

2.3.3 Rangement cuisine

Un meuble sous évier plus une paillasse ou table de préparation de longueur au moins égale à:

0,80 pour 3 pièces principales,

1,20 pour 4 pièces principales.

2.4 Éclairage artificiel

Il sera prévu dans les logements l'équipement électrique minimum indiqué ci-après:

- une douille à bout de fil ou une prise de courant commandée par un interrupteur et une prise de courant libre dans chacune des pièces principales,
- une douille à bout de fil au centre, une douille à bout de fil murale, une prise de courant dans la cuisine,
- une douille à bout de fil au centre, une douille à bout de fil au-dessus du lavabo dans la salle d'eau,
- une douille à bout de fil dans les W.C. et les dégagements.

2.5 Chauffage central

Tous les immeubles seront pourvus d'installation de chauffage centralisé par immeuble, ou de préférence par groupe d'immeubles.

2.6 Évacuation des fumées

Le nombre des conduits de fumée par logement sera conforme à la réglementation en vigueur dans les pays intéressés; les conduits pourront desservir plusieurs foyers sous les réserves fixées par cette réglementation.

3. Protection et sécurité

3.1 Isolation thermique et condensation

Les coefficients K de déperditions thermiques seront précisés en fonction de la localisation des chantiers.

Les articles concernant les sujets de prescription sont les suivants:

parois extérieures: locaux habitables, locaux accessoires, cloisons de séparation,

toitures: locaux habitables, locaux accessoires,

planchers sur caves (espaces peu ventilés): habitables, accessoire,
planchers sur passages ouverts (espaces ventilés): habitables, accessoires,
plafonds sous le toit.

En outre, chaque bâtiment sera caractérisé par son coefficient général d'isolation thermique G (exprimé en calories par heure, par degré centésimal et par mètre cube), obtenu en divisant par le volume intérieur, en mètres cubes, du bâtiment, la déperdition horaire globale de ce volume pour 1 degré d'écart de température. Ce coefficient général d'isolation thermique G ne sera supérieur en aucun cas à la valeur qui sera déterminée en fonction de la situation géographique du chantier.

Pour la détermination de ce coefficient G, il ne sera pas tenu compte des majorations pour orientation défavorable ou pour bâtiments très exposés au vent, qui sont faites habituellement lors des calculs d'installation de chauffage; il sera adopté un renouvellement d'air horaire égal en principe à une fois le volume. Dans les cas toutefois où les locaux considérés comporteraient des baies très vastes donnant sur des façades d'orientation différentes et équipées de systèmes de menuiseries peu étanches, ce taux de renouvellement pourrait, pour l'exécution du calcul, être porté à 1,3.

La masse thermique de la construction bâtie et les dispositions spéciales adoptées notamment pour couper les rayons du soleil et pour assurer une ventilation active en cas de besoins, devront être telles:

qu'elles assurent une protection efficace contre les variations extrêmes de température,

qu'elles mettent à l'abri des très fortes chaleurs et ensoleillements extrêmes.

3.2 Isolation phonique

A simple titre de recommandation, les planchers et les parois verticales, séparant deux logements contigus, auront un isolement sonore minimum aux bruits aériens, qui réalise un affaiblissement moyen de 45 décibels.

La vérification de cette condition sur les matériaux pourra être effectuée moyennant essais comparatifs exécutés avec emploi d'échantillons, conformément aux indications d'un institut de recherches qualifié.

En outre, les dispositions générales seront prises, s'il y a lieu, pour éviter que la transmission des vibrations d'un logement à un autre par les structures, parois, gaines d'air, canalisations, etc. ne compromette les isolements sonores obtenus par l'application correcte de la règle ci-dessus.

3.3 Protection contre l'incendie

Les dispositions adoptées seront conformes aux règlements en vigueur. La construction devra permettre, en cas d'incendie, l'évacuation des occupants; les matériaux devront, à cette fin, offrir une résistance suffisante au feu.

3.4 Protection contre l'humidité

Toutes dispositions seront prises pour éviter l'ascension, dans les murs, de l'humidité du sol, ainsi que la pénétration de l'eau de pluie.

3.5 Protection contre l'effraction

Il sera prévu des obturations (persiennes, volets ou autres dispositifs) au rez-de-chaussée des bâtiments (ce qui n'exclut pas d'en prévoir également pour les logements des étages).

Des dispositifs de défense seront prévus aux portes extérieures et aux soupiraux des caves.

3.6 Protection contre les rongeurs

Les locaux à ordures ménagères, les soupiraux de caves, offices de ventilation ou autres ouvertures vulnérables comporteront une protection contre les rongeurs, consistant en un grillage métallique à mailles serrées ou autres dispositifs efficaces.

B. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉLÉMENTS DE LA CONSTRUCTION

1. Note introductive

Les éléments employés dans la construction seront conformes, du point de vue qualitatif, aux normes en vigueur dans les pays de la Communauté.

Il est possible que certaines des dispositions contenues dans le présent chapitre se trouvent en contradiction avec les normes et les règlements en vigueur dans les différents pays. Les instituts nationaux veilleront à ce que les exceptions aux prescriptions contenues dans le présent document soient aussi limitées que possible et justifieront auprès du comité d'experts leur admission.

Lorsque les projets prévoient l'utilisation de matériaux nouveaux ou de procédés de construction non traditionnels, il appartiendra à leurs auteurs de justifier que ces matériaux ou procédés bénéficieront d'un agrément technique délivré par l'Administration ou l'Organisation officiellement chargée de prononcer cet agrément dans le pays intéressé.

Pour les pays où il n'existe pas de procédure d'agrément pour les matériaux nouveaux ou de procédés de construction non traditionnels, l'utilisation de tels matériaux ou procédés sera subordonnée à l'accord préalable de comité des experts, après avis favorable de l'institut national compétent.

2. Fondations et infrastructure

Toutes dispositions seront prises pour éviter l'ascension dans les murs, de l'humidité du sol. Il sera, en particulier, prévu un lit isolant sur tous les murs de cave, en dessous du niveau du plancher bas du rez-de-chaussée.

3. Ossature

En cas de gros-œuvre comportant une ossature porteuse et des remplissages, les éléments de cette ossature pourront être en acier et seront calculés conformément aux règlements en vigueur.

4. Parois verticales extérieures

Les parois verticales extérieures pourront être constituées soit par des murs porteurs en maçonnerie soit par des éléments de remplissage ou d'habillage d'une ossature.

Il est loisible aux constructeurs d'utiliser des parois de remplissage ou des habillages comportant l'utilisation d'éléments en acier ou constituées entièrement avec de la tôle d'acier.

S'ils comportent doublage intérieur isolant, l'humidité venant de l'extérieur ne devra pas atteindre le matériau de ce doublage. Les eaux d'infiltration doivent être rejetées à l'extérieur par un larmier.

L'organisation des saillies éventuelles des façades doit être telle que l'eau ne puisse y séjourner.

Des précautions doivent être prises au pied des murs ainsi qu'au droit des bandeaux, balcons et autres saillies pour éviter les dégradations dues aux eaux de rejaillissement.

5. Planchers

Les systèmes de planchers utilisés comporteront soit des solives gîtes entièrement métalliques, soit des solives gîtes associant le béton à une armature composée de profilés spéciaux en acier ou d'éléments en tôle pliée.

6. Toiture inclinée

En cas de toitures inclinées comportant des fermes et pannes ou des fermettes, les éléments en question seront en acier et seront calculés conformément aux règlements en vigueur.

7. Escaliers

L'ossature des escaliers sera métallique.

Les marches pourront être en pierre naturelle, ou aggloméré de ciment; mais l'escalier entièrement métallique avec revêtement d'insonorisation peut également être prévu.

8. Fenêtres

Les fenêtres seront en acier ou en fonte grise moulée.

Les fenêtres en acier pourront être en profilés ou en éléments tubulaires de tôle pliée. Elles seront efficacement protégées contre la corrosion.

9. Persiennes (volets)

Les protections éventuelles des baies du rez-de-chaussée et des étages seront réalisées à l'aide de persiennes (volets) métalliques.

10. Huisseries et bâtis

Les huisseries et bâtis pour portes de communication, encadrements de baies libres, bâtis dormants de placards de rangement seront en tôle pliée.

11. Couverture

La couverture pourra être en élément de tôle pliée ou en complexe d'étanchéité comportant l'utilisation d'une feuille d'acier.

12. Canalisations

Les canalisations d'alimentation d'eau froide et chaude seront en fer galvanisé. Celles de chauffage et de gaz seront en tube noir ou en fer galvanisé.

Les canalisations d'évacuation des eaux usées et chutes de W.C. seront en fonte.

13. Équipement sanitaire

L'évier sera en tôle inoxydable ou en tôle ou fonte émaillée.

La baignoire ou le bac à douches – bac à laver seront en fonte ou en tôle émaillée.

14. Équipement ménager

Il est recommandé de prévoir, pour les volumes de rangement de la cuisine, des meubles utilisant des éléments en acier.

C. CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES

1. Considérations générales

1.1 Portée des directives dimensionnelles

Aux fins du présent programme, il a été nécessaire d'imposer un ensemble de dimensions nominales, ainsi que les principales cotes de fabrication des éléments de construction dont l'emploi fait l'objet de la présente étude et qui sont énumérés au chapitre B: Caractéristiques Techniques.

Les dimensions générales des bâtiments ne seront normalisées que dans la mesure où elles se trouvent étroitement liées auxdits éléments de construction. Il est cependant recommandé aux maîtres d'ouvrage de se conformer, dans l'élaboration des projets, aux principes généraux de coordination dimensionnelle propres à chaque pays, dans la mesure où ces derniers sont compatibles avec les prescriptions dimensionnelles du présent document.

1.2 Compatibilité avec les normes nationales actuellement en vigueur

Dans l'application aux projets de ce programme des prescriptions dimensionnelles contenues dans le présent document, les maîtres d'ouvrage seront amenés à s'écarter de certaines dispositions des normes actuellement en vigueur dans leurs pays. Ces exceptions devraient, autant que possible, être limitées aux éléments de construction visés dans les paragraphes suivants. En tout état de cause, on adoptera, de préférence, des dimensions nominales normalisées multiples de 10 cm.

1.3 Relations entre le programme et le projet AEP n° 174

Les objectifs particuliers de ce programme de constructions expérimentales de la C.E.C.A. diffèrent sensiblement de ceux de la deuxième phase du projet AEP n° 174 «Coordination modulaire dans le bâtiment», organisé sous les auspices de l'Agence européenne de productivité avec la participation de treize pays d'Europe occidentale.

Les présentes directives en matière dimensionnelles tiennent compte cependant, dans toute la mesure du possible, des principes d'une théorie générale de la coordination modulaire telle qu'elle se dégage des travaux de la première phase dudit projet. En particulier, les définitions des termes propres à la coordination modulaire, les signes conventionnels à adopter dans les dessins, le système de tolérances proposé pour le présent programme et la sélection de multiples préférentiels ont été empruntés aux résultats de la première phase du projet de l'AEP.

2. Dimensions des bâtiments et des éléments de construction

2.1 Hauteur d'étage

Afin de permettre la normalisation des éléments d'escalier, il est nécessaire de fixer une hauteur d'étage unique. Compte tenu des règlements de construction et des normes actuellement en vigueur dans les différents pays, on propose une hauteur d'étage, mesurée de sol à sol fini, de 2750 mm. Le choix de cette cote a été déterminé, d'une part par l'exigence d'assurer une hauteur minimum sous plafond compatible avec certains règlements nationaux et, d'autre part, par l'existence d'une norme obligatoire allemande (voir DIN 4174).

Dans la mesure du possible, on adoptera des cotes de hauteur libre sous plafond multiples de 10 cm.

2.2 Escaliers

Les escaliers seront composés de deux volées identiques, chacune d'elles comportant huit marches, dont les dimensions seront les suivantes:

Largeur de giron	286 mm
Hauteur de marche	172 mm
Longueur de marche (mesurée entre limons)	1 000 mm

Les dimensions des cages d'escalier seront celles qui résulteront de la normalisation des portées libres des planchers (voir paragraphe 2.3).

2.3 Planchers

Les portées libres des planchers, mesurées entre les faces modulaires du gros-œuvre des murs ou éléments porteurs, seront choisies dans la série de dimensions suivantes:

2 400 mm
2 500 mm
2 700 mm
3 000 mm
3 200 mm
3 600 mm
4 000 mm
4 500 mm
4 800 mm

Les dimensions de fabrication des éléments de planchers correspondants dépendront des conditions d'appui, du mode de fixation ainsi que de la nature et de la forme des éléments porteurs.

2.4 Fenêtres

Les cotes de fabrication des bâtis pour fenêtres en profils laminés à chaud, en fonte moulée ou en profils tubulaires en tôle pliée, mesurées à l'extérieur de l'aile la plus courte, seront choisies dans la série suivante:

Largeur	480 mm	Hauteur	480 mm
	780 mm		780 mm
	980 mm		980 mm
	1 180 mm		1 180 mm
	1 480 mm		1 480 mm
	1 580 mm		(1 780 mm)
	1 780 mm		(2 680 mm)
	1 980 mm		

Les dimensions modulaires des baies correspondantes, pour les pays ayant adopté un module de base de 1 dm, seront:

Largeur	500 mm	Hauteur	500 mm
	800 mm		800 mm
	1 000 mm		1 000 mm
	1 200 mm		1 200 mm
	1 500 mm		1 500 mm
	1 600 mm		1 800 mm
	1 800 mm		2 700 mm
	2 000 mm		

Les dimensions des jalousies seront définies en fonction des dimensions nominales des baies.

2.5 Portes intérieures

Les dimensions modulaires des baies pour portes intérieures (gros-œuvre) seront choisies dans la série de dimensions suivantes:

Largeur	700 mm	Hauteur	2 000 mm
	800 mm		
	900 mm		

Épaisseur des cloisons ou murs (nus finis)

75 mm
100 mm
150 mm
200 mm
(300 mm)

Les huisseries et bâtis correspondants devront recevoir des panneaux de portes dont les cotes de fabrication sont les suivantes:

Largeur	665 mm	Hauteur	1 975 mm
	765 mm		
	865 mm		

La distance du fond de la feuillure au plan modulaire de référence sera égal à 15 mm. Un jeu latéral de 2,5 mm sera prévu entre le panneau de porte et le dormant. Un jeu de 7,5 mm sera également prévu entre le panneau de porte et le niveau du sol fini.

2.6 Équipement sanitaire

Les dimensions modulaires (cotes d'encombrement en plan) des éléments d'équipement sanitaire, seront les suivantes:

Évier simple	500 x 600 mm
Évier simple avec égouttoir unilatéral	1 200 x 600 mm
Évier double	800 x 600 mm
Évier double avec égouttoir unilatéral	1 400 x 600 mm
Baignoire moyenne	1 600 x 700 mm
Baignoire carrée	1 200 x 1 200 mm

Annexe II La stabilité des logements types

C.D.U. 69.059.22 : 622.837

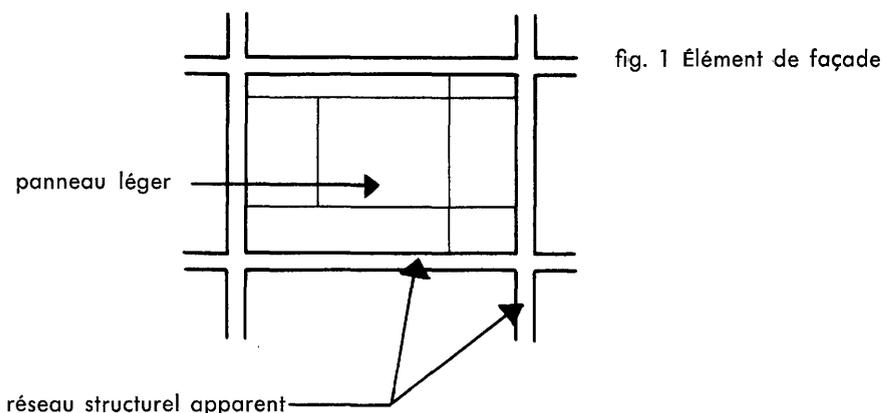
(Texte original: français)

*par L. Montfort
Institut national du logement
Bruxelles*

La stabilité des logements types

Il peut sembler à première vue inutile de se pencher sur la stabilité d'immeubles à quatre niveaux. Généralement, de tels édifices ne posent pas de problèmes, leur stabilité étant assurée dès que l'on respecte les règles traditionnelles de l'art de bâtir.

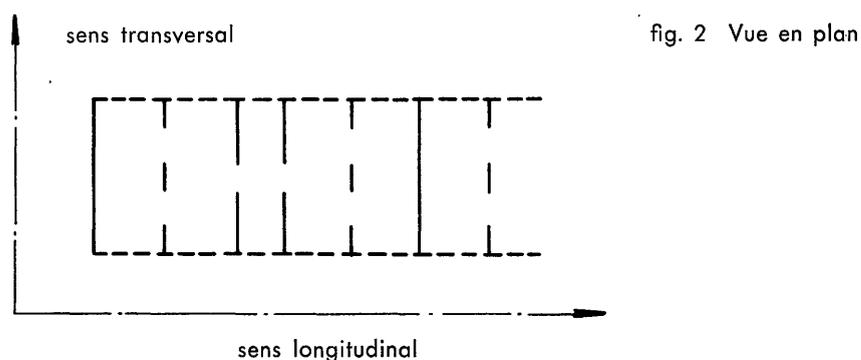
Et pourtant, la stabilité des immeubles types élaborés par l'I.N.L. a fait l'objet d'une étude attentive qui a conduit à l'adoption de solutions originales. Cela pour deux raisons. La première, c'est que le parti architectural choisi libère les façades de tous éléments portants (fig. 1), posant ainsi le



problème de la stabilité longitudinale de l'ensemble. La seconde, c'est que les logements étudiés doivent être édifiés sur des terrains miniers sujets à affaissements. Or, il est souhaitable d'adopter des dispositions structurelles limitant au maximum les inconvénients qui peuvent en résulter.

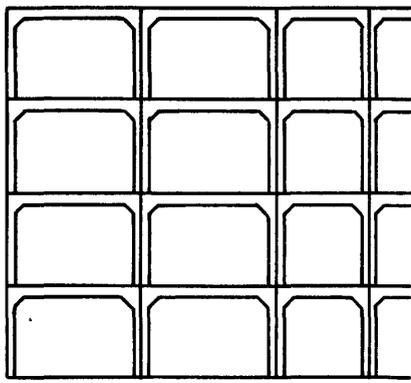
Les conséquences du parti architectural adopté

La structure adoptée, dépourvue de murs de façades résistants, présente une instabilité foncière dans le sens longitudinal inacceptable quelle que soit la qualité du terrain de fondation (fig. 2).

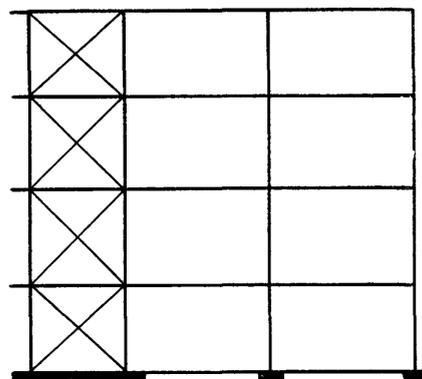


Pour remédier à cette situation, on pouvait envisager une des deux solutions suivantes (fig. 3):

- a) Obtenir la stabilité longitudinale en solidarisant d'une façon rigide les éléments horizontaux et verticaux de la structure. Comme cependant l'encastrement éventuel de planchers de 10 à 12 cm d'épaisseur dans les parois ne présente pas une grande efficacité, cette solution revient



Ossature à nœuds rigides



Stabilisation par cage d'escalier

fig. 3

à la construction d'une ossature à nœuds rigides à l'aide de colonnes et de chaînages en béton armé;

- b) Rendre rigide une partie de l'édifice et raccorder à cette partie auto-stable celles qui ne le sont pas.

Dans cette perspective il est apparu que la cage d'escalier pouvait le plus aisément être stabilisée à cause de la proximité de ses murs et des possibilités de solidarisation qui s'y présentent.

De ces deux solutions, la première s'avèra nettement moins intéressante que la seconde. D'abord parce qu'une ossature rigide en béton armé réalisée *in situ* eût été coûteuse pour des bâtiments à 3 ou 4 niveaux et que la progression des travaux eût été relativement lente avec l'équipement habituel de chantiers d'importance moyenne. Ensuite parce que la rigidité requise pour qu'une telle ossature se comporte de façon convenable dans l'éventualité d'affaissements miniers est pratiquement irréalisable.

Les conséquences de la possibilité d'affaissements miniers

Une question liminaire vient naturellement à l'esprit: Faut-il tenir compte, dans l'établissement d'un projet d'habitations, de la possibilité d'affaissements miniers?

La responsabilité des dégâts d'origine minière est en effet imputable au charbonnage en cause à qui incombe aussi la réparation des dommages.

Mais n'est-il pas souhaitable d'éviter aux habitants de ces régions le désagrément de vivre dans des maisons lézardées, disloquées, réparées tant bien que mal? Ne faut-il pas s'orienter autant que possible vers la construction d'immeubles peu sensibles aux mouvements du sol et donc capables de se maintenir sans désordre apparent lors de l'exploitation du sous-sol?

Remarquons d'ailleurs que l'intérêt des charbonnages rejoint ici celui des habitants puisqu'en diminuant notablement les risques de dégâts miniers on réduit en même temps le montant des indemnités à prévoir par les charbonnages. On peut même espérer que la généralisation de la construction d'immeubles de ce genre conduise à une diminution du prix du charbon ce qui aurait des incidences économiques et sociales multiples.

Mais avant de justifier les dispositions prises dans les logements types étudiés par l'I.N.L. pour faire face aux affaissements miniers, il ne sera sans doute pas inutile d'indiquer brièvement la façon dont ils se manifestent.

Le mécanisme de l'affaissement minier

L'avancement du travail dans une taille s'accompagne de l'effondrement plus ou moins rapide du toit dans les parties évacuées. L'effet de cet effondrement se manifeste dans les couches supérieures jusqu'à la surface du sol.

Mais depuis la taille jusqu'à la surface, la largeur de la zone intéressée augmente tandis que l'amplitude des affaissements diminue.

Ils affectent la surface du sol en la modelant suivant la forme d'une cuvette à fond plat se raccordant au terrain resté en place par une surface en demi-onde (fig. 4). Cette zone de raccord progresse dans la même direction que le travail dans la taille.

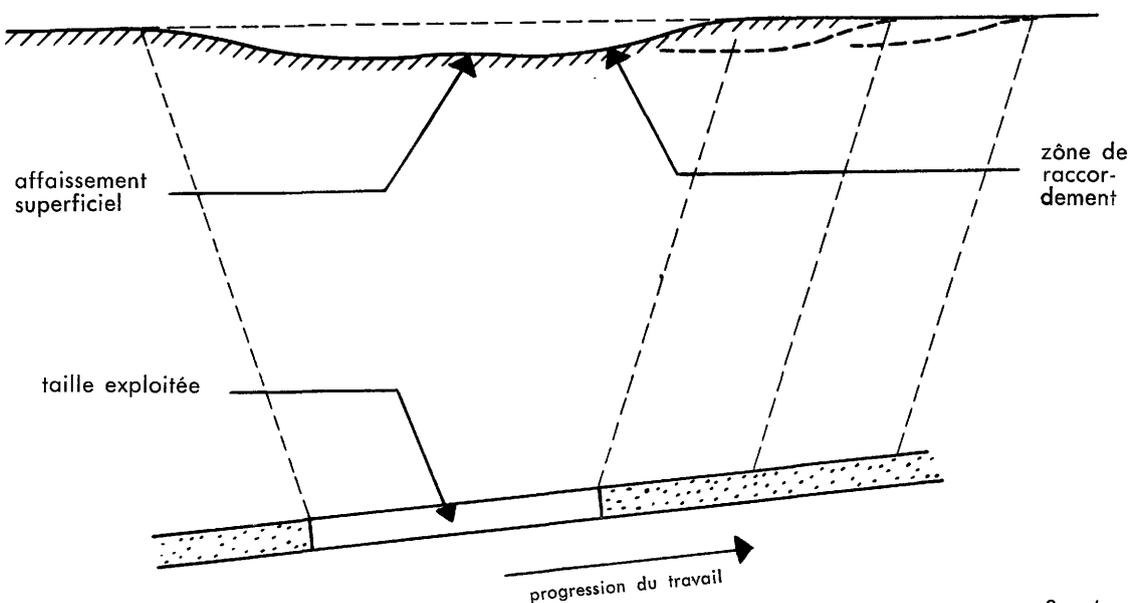


fig. 4

Remarquons immédiatement que c'est lorsqu'un immeuble se trouve dans la zone de raccord qu'il est exposé à des désordres. Il subit alors les effets de la courbure, des affaissements différentiels, des mouvements d'extension ou de contraction du sol qui le porte.

Précisons quantitativement ces divers aspects du mouvement tectonique superficiel.

1. L'amplitude maxima des affaissements superficiels résultant du travail dans une taille est de l'ordre de 60 cm. Le phénomène peut naturellement se répéter plusieurs fois au même endroit, ce qui peut entraîner des affaissements cumulés atteignant plusieurs mètres. Mais il ne faut tenir compte, au point de vue stabilité, que de ce qui se passe dans une zone de raccord conditionnée par un seul affaissement.
2. Dans cette zone ondulée, le sol présente une courbure concave vers l'intérieur de la cuvette, convexe vers les terrains en place. Le rayon de courbure minima observé ici est de l'ordre de 2 000 m.
3. Enfin, la courbure du sol entraîne des déplacements tangentiels – dilatations dans la partie convexe, contractions dans la partie concave – dont l'amplitude dL peut atteindre $\frac{1}{2}\%$ de la longueur L .

Si on combine les trois valeurs mentionnées ci-dessus, on arrive à établir la forme théorique de la zone de raccord (fig. 5).

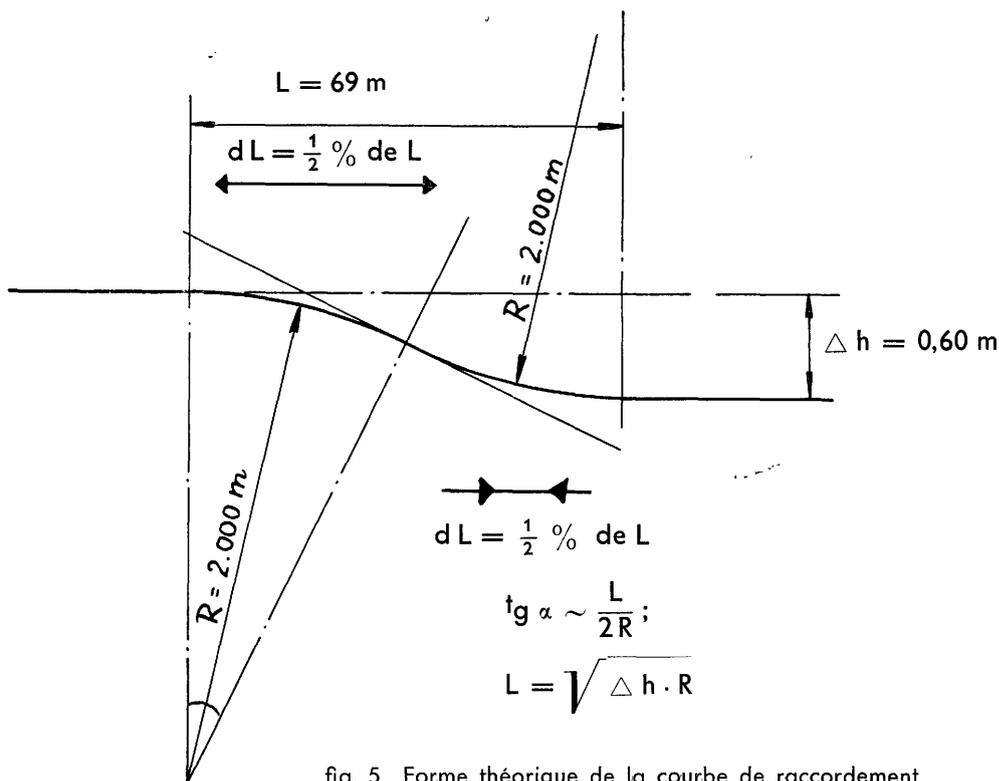


fig. 5 Forme théorique de la courbe de raccordement

Les solutions possibles

On peut tenir compte des mouvements du sol de deux manières antinomiques (fig. 6):

- 1° en recourant à une construction rigide capable de résister sans déformations appréciables aux sollicitations que ces mouvements occasionnent (fig. 6a);
- 2° en réalisant une construction souple susceptible de suivre le sol dans ses déformations sans y opposer de résistance importante (fig. 6b).

Des solutions intermédiaires sont également possibles, une construction pouvant être souple vis-à-vis de certaines déformations, rigide vis-à-vis des autres ou encore, souple dans une direction, rigide dans la direction perpendiculaire.

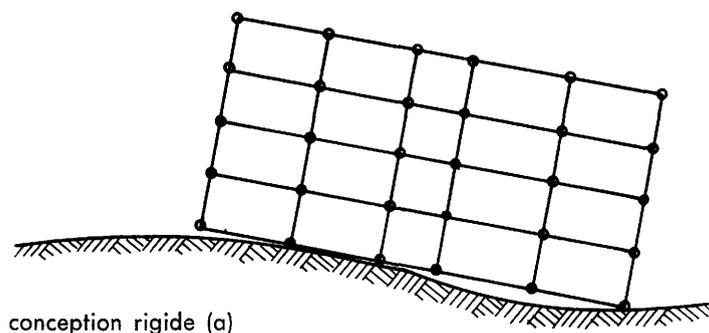
Le choix de la méthode à employer dépend naturellement des circonstances particulières à chaque ouvrage. Des constructions de faible étendue et qui comportent nécessairement des éléments structurels rigides seront facilement aménagés en unités résistantes. C'est encore à la conception résistante qu'il faut songer si les déformations inhérentes à la conception souple sont incompatibles avec les exigences de l'exploitation.

Dans le cas de bâtiments résidentiels, la conception souple n'entraîne pas de perturbations fonctionnelles. L'inclinaison des planchers ou le surplomb des murs ou l'écart angulaire entre murs et planchers qui peuvent apparaître lorsque le bâtiment suit le sol dans ses déformations, sont trop peu importants pour incommoder les habitants.

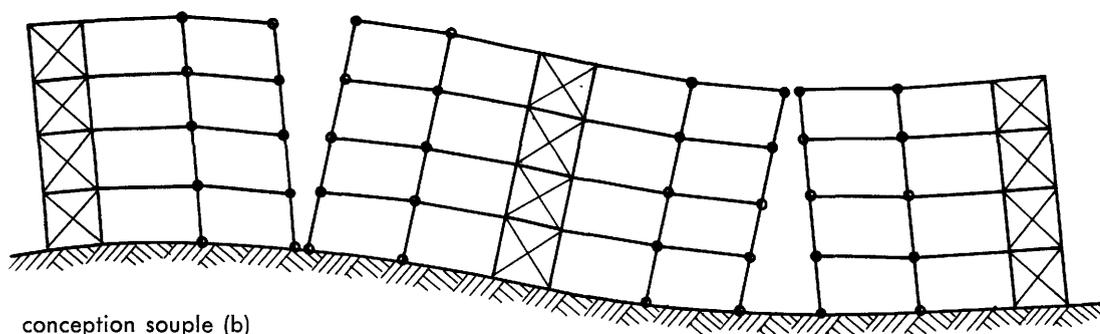
La conception souple est d'ailleurs souvent la seule à retenir dans le sens longitudinal en raison de l'étendue de la liaison avec le sol dans cette direction. Ce sera a fortiori le cas lorsque, comme dans les immeubles types C.E.C.A., les plans longitudinaux sont dépourvus au départ de tout élément rigide.

Dans le sens transversal au contraire, là où on dispose de murs porteurs extrêmement rigides dans leur plan et de longueur réduite, il est indiqué de faire appel à leur résistance et de tabler sur leur rigidité.

fig. 6



conception rigide (a)



conception souple (b)

L'application des principes ci-dessus aux immeubles types C.E.C.A.

Sens longitudinal

Longueur des immeubles et joints à laisser entre eux

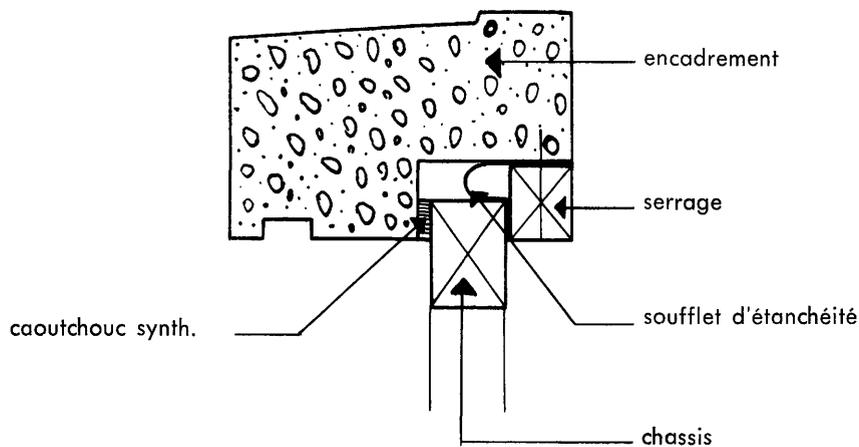
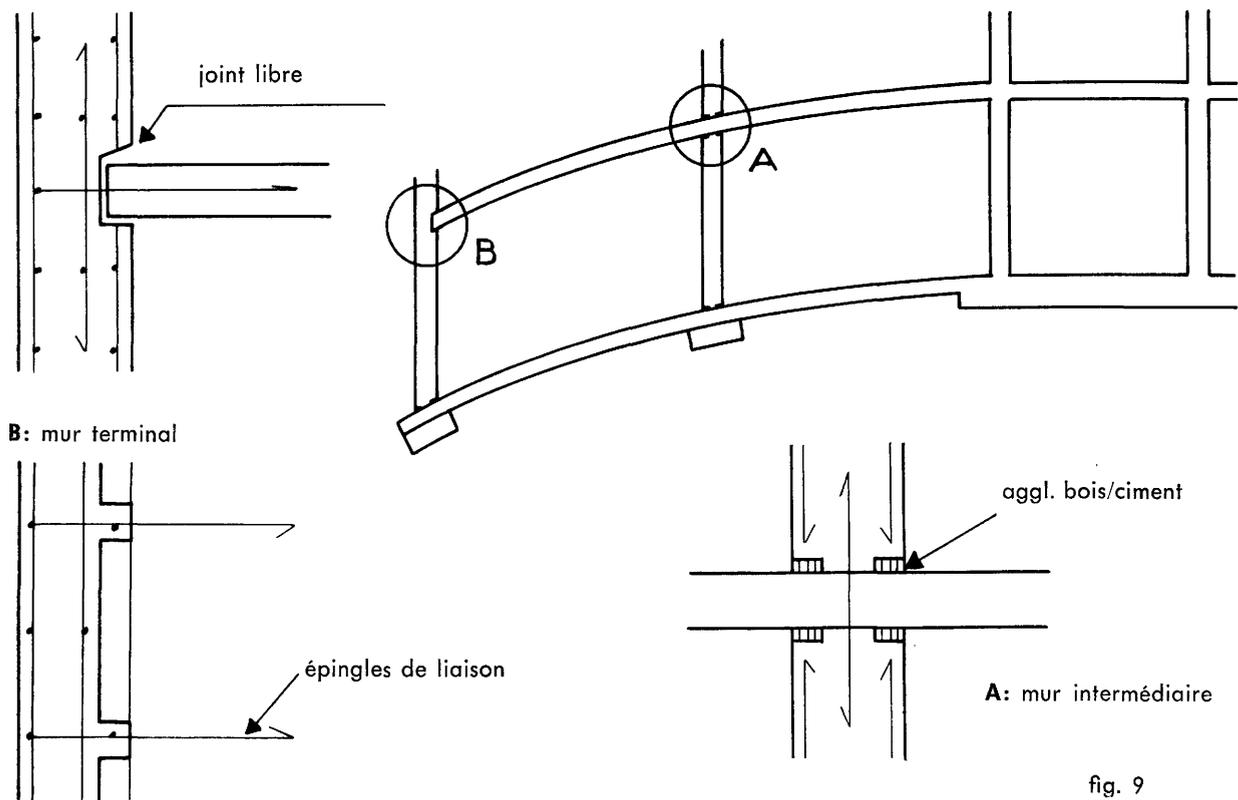
La fragmentation d'une construction étendue par des joints transversaux est une pratique courante là où le terrain de fondation n'est pas parfaitement stable, ce qui est évidemment le cas en zone minière. L'indépendance de chaque tronçon vis-à-vis de ses voisins facilite largement l'adaptation de la construction aux mouvements du sol (fig. 6b).

La longueur des tronçons unitaires a été choisie également à 18 m de façon à comporter 2 travées de 3,60 m de part et d'autre d'une travée de 2,40 m (fig. 7). Cette division est fonctionnelle puisqu'elle groupe chaque fois une cage d'escalier et les sept appartements desservis par elle; cette division est constructive aussi puisque chaque cage d'escalier doit assurer la stabilité des quatre murs transversaux qui l'entourent.

Adaptation à la courbure du sol

Cette adaptation était assez aisément réalisable avec une structure ne comportant que des murs transversaux et des planchers constitués par une dalle continue en béton armé.

Les planchers ont été armés pour faire face à une surcharge de 150 kg/m^2 , pour suivre la courbure du sol en se basant sur un rayon de courbure de 2000 m et enfin, pour servir de tirants ou de butoirs entre les murs transversaux et la cage d'escalier. Si on a encasturé les planchers dans la cage d'escalier, centre de gravité de l'immeuble, on a par contre évité l'encastrement dans les parois terminales et intermédiaires de façon à faciliter les variations angulaires en ces points (fig. 9).



A cet effet on a pratiqué une réduction de la section du mur intermédiaire au niveau du plancher et on a ramené l'armature dans l'axe du mur. On a appuyé librement le plancher au droit du mur terminal, en assurant la liaison longitudinale en ce point par des épingles en acier rond.

Remarquons que le réseau rectangulaire formé par les murs transversaux et les planchers se transforme, en s'adaptant à la courbure du sol en une série de parallélogrammes. L'intégrité des panneaux de façade n'est dès lors possible que s'ils bénéficient d'une certaine indépendance vis-à-vis du réseau qui les encadre (fig. 10). Le contact entre les panneaux et leurs encadrements est obtenu par serrage des châssis à frottement doux, dans des feuillures, avec interposition d'une bande de caoutchouc synthétique, tandis que l'étanchéité est assurée par un soufflet en polyvinyl. Les châssis ne sont fixés au bâtiment que par leur traverse inférieure. Ils coulissent sur les 3 autres côtés dans une feuillure de 5 cm de profondeur.

Reprise des efforts tangentiels au niveau du sol

Si chaque mur transversal était posé sur une fondation indépendante, il suivrait la dilatation ou la contraction superficielle du terrain, ce qui provoquerait de graves perturbations. Il faut donc retenir le pied de ces murs en les reliant à la cage d'escalier.

On a dans ce but transformé la dalle en béton ordinaire du sol de la cave en une dalle souple armée d'un treillis, susceptible de suivre – comme les planchers – la courbure du sol et capable de maintenir constante l'entredistance des murs (fig. 11). Cette dalle est donc soumise à des

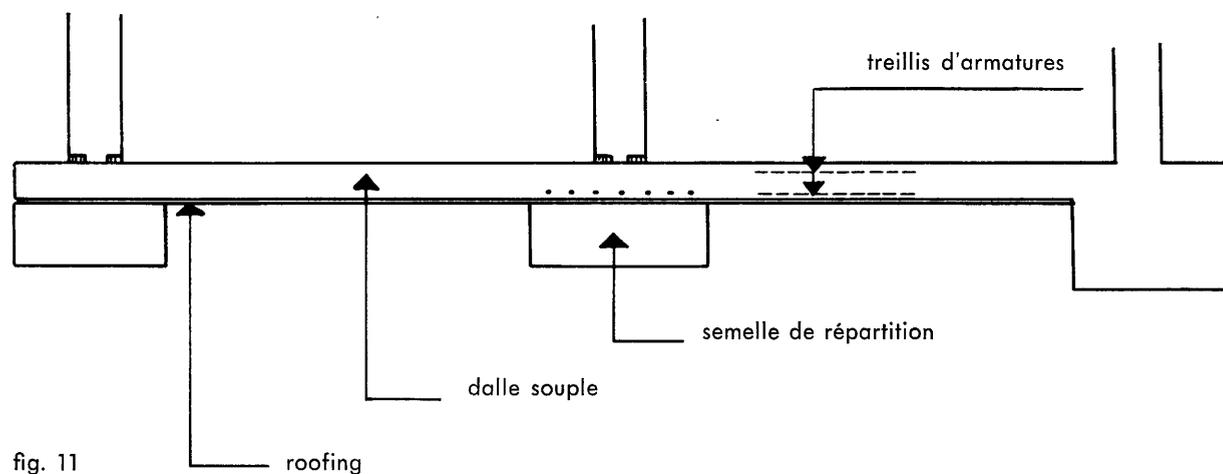


fig. 11

efforts de traction ou de compression dont on peut prévoir la valeur limite. En effet, l'effort tangentiel sous chaque mur est au maximum égal à $P.f$ où P est le poids du mur et où f est le coefficient de frottement fondation/sol.

Dans le but de réduire les forces de frottement au maximum, on a rendu les semelles de fondation des murs indépendantes de la dalle souple par l'interposition d'un roofing.

Les semelles pourront donc accompagner le terrain dans ses mouvements longitudinaux sous la dalle souple, mais le frottement dont il faut tenir compte n'est plus celui qui existe entre le béton et le sol, mais celui du système béton roofing sol. Ce roofing, qui règne sous toute la dalle souple, assure en même temps l'étanchéité du sol de cave.

Sens transversal

Influence de la courbure du sol

Les murs transversaux sont des parois rigides dans leur plan, susceptibles de résister à des moments de flexion verticale. Ceux-ci prennent naissance lorsque, par suite de la courbure du sol, la distribution des pressions sous le mur s'écarte de la répartition uniforme. Une courbure concave doit s'accompagner d'une concentration des pressions vers les extrémités, une courbure convexe doit provoquer une concentration des pressions vers le milieu (fig. 12).

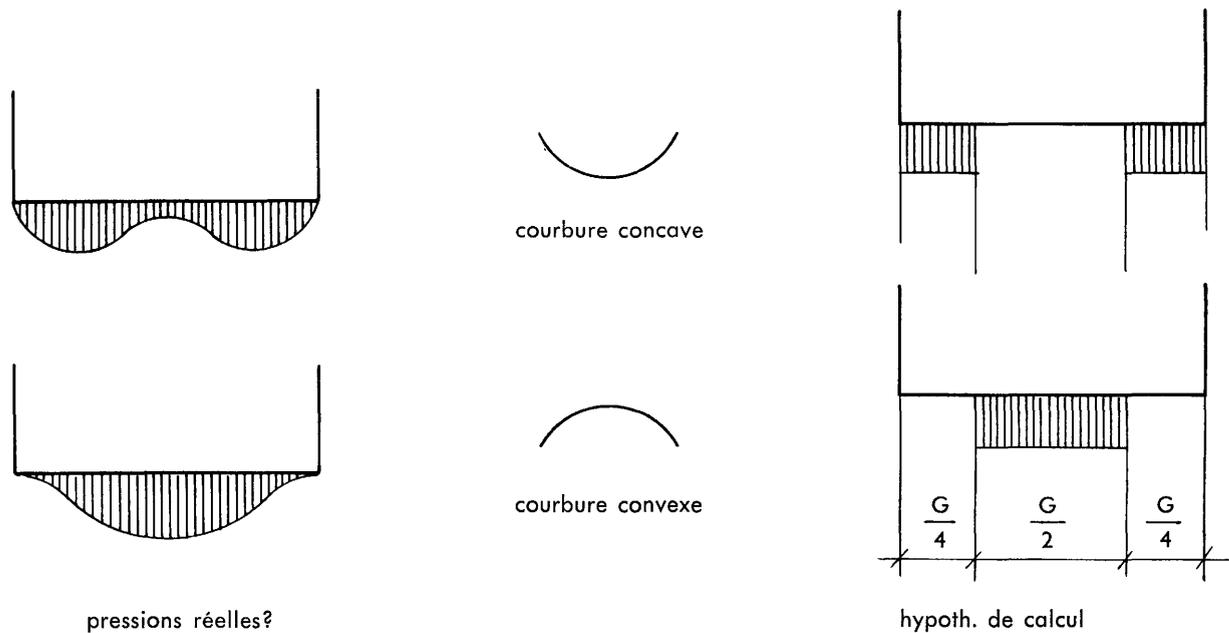


fig. 12

Dans le calcul des murs de la cage d'escalier et des murs terminaux, conçus comme poutres-cloisons, on a tenu compte d'une répartition uniforme des pressions dans les deux quarts extrêmes et dans le milieu central de la portée.

Les murs intermédiaires, fortement éligés par de nombreuses baies, ont été conçus comme des portiques à deux montants dont les réactions d'appui ne sont que faiblement affectées par la courbure du sol.

L'empattement des semelles a été dimensionné pour répartir les charges sur le sol de façon à ne pas dépasser, lorsque le bâtiment est chargé mais indépendamment des effets de courbure, une pression de 2 kg/cm^2 .

Reprise des efforts tangentiels

Ceux-ci existent dans le sens transversal comme dans le sens longitudinal. Les parois, percées de portes au niveau du sol de cave, étant peu aptes à reprendre de tels efforts, c'est également la dalle souple qui remplira ce rôle grâce aux armatures en acier rond dont elle a été dotée à cet effet.

Les semelles de répartition sous les murs ont été fragmentées en trois parties de façon à leur donner la même faculté de suivre les mouvements de dilatation ou de contraction du sol dans le sens transversal que dans le sens longitudinal.

Comme on le voit, l'Institut national du logement a pris de nombreuses dispositions pour mettre les immeubles types C.E.C.A. à l'abri des dommages que provoquent si souvent les affaissements miniers.

Il serait cependant faux de croire que le problème a été entièrement résolu et que l'on a atteint une sécurité de 100 %. Car la connaissance que l'on a des affaissements miniers est incomplète, les nécessités du calcul obligent à schématiser la réalité et les exigences d'une exécution économique limitent le choix des remèdes.

Mais nous croyons que l'on a obtenu, avec des moyens simples et peu onéreux une importante diminution des risques de dégâts miniers. Et c'est là un élément intéressant de progrès social et économique.

Ainsi, les immeubles du type C.E.C.A. qui devaient être «expérimentaux» par leur conception architecturale et par leur aménagement intérieur, le seront aussi au point de vue stabilité. Ce qui ne peut qu'accroître l'intérêt qu'ils ne manqueront pas de susciter.